

**EVALUASI PEMANFAATAN LAHAN TAMBAK DAN KAJIAN DISTRIBUSI
SPASIAL BAHAN ORGANIK BUDIDAYA UDANG VANNAMEI
(*Litopenaeus vannamei*) DI WILAYAH PESISIR
KABUPATEN LAMONGAN**

TESIS

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Magister**



Oleh:

**LIGA INSANI
NIM. 166080100111004**

**PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
MINAT LINGKUNGAN**

**PROGRAM PASCASARJANA
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

TESIS

EVALUASI PEMANFAATAN LAHAN TAMBAK DAN KAJIAN DISTRIBUSI
SPASIAL BAHAN ORGANIK BUDIDAYA UDANG VANNAMEI
(*Litopenaeus vannamei*) DI WILAYAH PESISIR
KABUPATEN LAMONGAN

Oleh :

LIGA INSANI

NIM. 166080100111004

Telah dipertahankan di depan penguji

Pada tanggal : 23 Mei 2018

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,

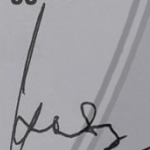
Komisi Pembimbing

Ketua



Dr. Ir. Mohammad Fadjar, M.Sc
NIP. 19621014 198703 2 003

Anggota



Dr. Ir. Maftuch, M.Si
NIP. 19660825 199203 1 001

Mengetahui,

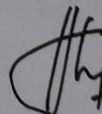


Dekan
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan



Prof. Dr. Ir. Happy Nursyam, MS
NIP. 19600322 198601 1 001

Ketua
Program Magister



Prof. Dr. Ir. Sri Andayani, MS
NIP. 19611061 198601 9 001

IDENTITAS PENGUJI

EVALUASI PEMANFAATAN LAHAN DAN KAJIAN DISTRIBUSI SPASIAL BAHAN ORGANIK BUDIDAYA TAMBAK UDANG VANNAMEI (*Litopenaeus vannamei*) DI WILAYAH PESISIR KABUPATEN LAMONGAN

Nama Mahasiswa : Liga Insani
NIM : 166080100111004
Program Studi : Budidaya Perairan
Minat Ilmu Studi : Lingkungan

KOMISI PEMBIMBING

Ketua : Dr. Ir. Mohammad Fadjar, M.Sc
Anggota : Dr. Ir. Maftuch, M.Si

PENGUJI

Dosen Penguji I : Dr. Ir. Mohammad Mahmudi, MS
Dosen Penguji II : Dr. Eng Abu Bakar Sambah, S.Pi, MT

PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam Naskah Tesis ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Tesis (MAGISTER) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 23 Mei 2018
Mahasiswa,

LIGA INSANI
NIM. 166080100111004

RIWAYAT HIDUP



LIGA INSANI lahir di Kabupaten Lamongan Provinsi Jawa Timur pada tanggal 23 Februari 1992 dari pasangan suami-istri Bapak H. Anas Wijaya dan Ibu Hj. Aslimah. Penulis merupakan anak ke-tiga dari empat bersaudara. Penulis pernah mengenyam pendidikan di MI MU'AWANAH Banjaranyar – Paciran

Lamongan pada tahun 1998 – 2004. Pendidikan Sekolah Menengah Pertama dimulai di SMP NEGRI 2 Sunan Drajad Paciran, Kabupaten Lamongan pada tahun 2004 – 2007. Selanjutnya penulis melanjutkan Sekolah Menengah Atas SMA Muhammadiyah 6 Ponpes Karangasem Paciran – Lamongan tahun 2007 – 2010. Pendidikan DIPLOMA 3 di Akademi Perikanan Sidoarjo (APS) pada tahun 2011 – 2014 jurusan Teknologi Budidaya Perikanan, kemudian lanjut strata I (S1) di Universitas DR. Soetomo Surabaya jurusan Budidaya Perairan pada tahun 2014 - 2016. Saat ini penulis sedang melanjutkan pendidikan Strata II (S2) Program Magister Budidaya Perairan, Jurusan Budidaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya Malang pada tahun 2016 – 2018. Saat ini penulis membuat Tesis yang berjudul “Evaluasi Pemanfaatan Lahan Tambak dan Kajian Distribusi Spasial Bahan Organik Budidaya Udang vanname (*Litopenaeus vannamei*) di Wilayah Pesisir Kabupaten Lamongan”.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan tesis yang berjudul **“Evaluasi Pemanfaatan Lahan Tambak Dan Kajian Distribusi Spasial Bahan Organik Budidaya Udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) Di Wilayah Pesisir Kabupaten Lamongan”**. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada

1. Orang tua dan keluarga atas semua motivasi dan doanya.
2. Bapak Dr. Ir. Mohammad Fadjar, M.Sc selaku Ketua Komisi Pembimbing dan Bapak Dr. Ir. Maftuch, M.Si selaku Anggota Komisi Pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan selama penyusunan laporan tesis ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Happy Nursyam, MS selaku Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya Malang
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Andayani, MS selaku Ketua Program Magister Pascasarjana Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya Malang
5. Bapak Dr. Ir. Mohammad Mahmudi, MS dan Dr. Eng Abu Bakar S, S.Pi, MT selaku komisi penguji atas semua saran dan arahnya
6. Kepala Dinas Perikanan Kelautan dan Perikanan Kabupaten Lamongan beserta staf
7. Kepala Badan Perencanaan Daerah Kabupaten Lamongan beserta staf
8. Rekan – rekan angkatan Pascasarjana ganjil 2016 Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya Malang

Terima kasih juga penulis sampaikan kepada pihak yang telah memberi dukungan dan bantuan, semoga laporan tesis ini dapat memberikan manfaat. Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penyusunan

laporan tesis ini, untuk itu kritik dan saran sangat diharapkan agar tulisan ini bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Malang, 23 Mei 2018

Penulis



RINGKASAN

LIGA INSANI, Program Magister Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Tesis. Evaluasi Pemanfaatan Lahan dan Kajian Distribusi Spasial Bahan Organik Budidaya Udang vanname (*Litopenaeus vannamei*) di Wilayah Pesisir Kabupaten Lamongan. Komisi Pembimbing: **Dr. Ir. Mohammad Fadjar, M.Sc** dan **Dr. Ir. Maftuch, M.Si**

Wilayah pesisir memiliki beraneka ragam sumberdaya yang yang memungkinkan peman Wilayah pesisir memiliki beraneka ragam sumberdaya yang yang memungkinkan pemanfaatannya secara berganda. Pada kawasan pesisir pemanfaatan lahan telah dilakukan untuk berbagai kepentingan salah satunya pertambakan udang. kegiatan budidaya tambak udang yang terus menerus akan menyebabkan terjadinya degradasi lingkungan, yang ditandai dengan menurunnya kualitas air. Disamping itu, penataan wilayah atau penataan ruang pengembangan budidaya tambak udang yang tidak memperhatikan daya dukung lingkungan akibat pengelolaan yang tidak tepat, sehingga menimbulkan permasalahan lingkungan dengan segala aspek komplikasinya dalam kurun waktu yang panjang salah satunya budidaya tambak udang dengan teknologi intensif. Budidaya tambak udang intensif menghasilkan limbah organik terutama berasal dari sisa pakan, *feces* dan bahan-bahan terlarut yang terbuang ke perairan yang secara signifikan mempengaruhi kualitas lingkungan pesisir.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis beban limbah organik dari kegiatan budidaya tambak udang vanname (*internal loading*) yang sesuai dengan kemampuan asimilasi perairan pesisir. Kemudian mengetahui pola sebaran spasial bahan organik serta mengestimasi pemanfaatan lahan tambak berdasarkan daya dukung lingkungan perairan pesisir Kabupaten Lamongan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai Maret 2018.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif melalui pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG). analisis distribusi spasial bahan organik menggunakan analisis geostatistik, yaitu dengan menginterpolasi data titik menjadi area (*polygon*) menggunakan metode *IDW*.

Hasil interpolasi masing-masing kualitas perairan tambak, Sungai dan perairan pesisir tersebut disusun dalam bentuk peta-peta tematik. Nilai beban bahan organik dari kegiatan budidaya tambak udang vanname ditentukan dari beberapa indikator utama yaitu Oksigen terlarut, BOD₅, TOM, Ammonia, Nitrate dan Phosphate. Nilai dari indikator Dari hasil yang diperoleh dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai sebaran spasial bahan organik tertinggi yaitu disumbangkan parameter BOD yaitu; 3.12 mg/l – 3.25 mg/l. sedangkan hasil pengukuran kandungan terendah pad parameter fosfat, hasil yang didapat yaitu 0,005 – 0,006 mg/l. Hal ini menunjukkan perairan di pantai pesisir Kabupaten Lamongan termasuk dalam perairan tingkat kesuburan yang rendah. Dari hasil yang diperoleh dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai beban bahan organik paling besar disumbangkan oleh parameter *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*, sedangkan nilai terkecil disumbangkan oleh parameter phosphate yang menunjukkan tingkat kesuburan perairan pantai di wilayah pesisir rendah.

Kata Kunci : Tambak Budidaya udang vanname (*Litopenaeus vannamei*), Bahan Organik, Pantai pesisir Kabupaten Lamongan

SUMMARY

LIGA INSANI, Master of Program In Aquaculture, Faculty of Fisheries and Marine Science, Brawijaya University. Thesis. Evaluation of Pond and Study of Organic Matter Spatial Distribution of vanname Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Aquaculture in Coastal Area of Lamongan Regency. Supervised Committee by: **Dr. Ir. Mohammad Fadjar, M.Sc** dan **Dr. Ir. Maftuch, M.Si**

Coastal areas have a wide range of resources that can be utilized in multiple ways. Land utilization of coastal areas has been done for various interests, one of which is for shrimp aquaculture (farming). Continuous shrimp farming activities will lead to environmental degradation, characterized by decreased water quality. Besides, the area or spatial arrangement of shrimp aquaculture development that does not pay attention to the environmental carrying capacity due to improper management can cause environmental problems with all aspects of its complications in a long period of time, one of which is the problem emerging from shrimp farming with the use of intensive technology. Intensive shrimp farming can produce organic wastes, primarily from the residual feed, feces, and dissolved matters discharged into waters that significantly affect the quality of the coastal environment.

This study aimed to determine the distribution pattern of organic matters resulted from Vanname shrimp (*Litopenaeus vannamei*) aquaculture in the coastal area of Lamongan Regency. This study was conducted from January to March 2018.

The study used a descriptive method with *Geographical Information System* (GIS) approach. The spatial distribution analysis of organic materials was carried out using geostatistical analysis, by interpolating point data into areas (polygons) using IDW method. The interpolation results of each water quality of the ponds, river, and coastal waters were arranged in the form of thematic maps.

The value pollution load index (PLI) value of the shrimp farming activities was determined based on six main indicators, namely dissolved oxygen, BOD₅, TOM, Ammonia, Nitrate, and Phosphate. Based on the results obtained, the highest spatial distribution value of organic matters was showed by the BOD parameter of 3.12 mg/l – 3.25 mg/l, included in the medium-polluted category. Meanwhile, the measurement result of the phosphate content as an indicator of water fertility ranged from 0.005 – 0.006 mg/l. It suggests that the waters on the coastal area of Lamongan Regency are included in *oligotrophic* waters, indicating a low fertility rate. From the results above, it can be concluded that the largest pollution load index (PLI) value is contributed by the Biochemical Oxygen Demand (BOD) parameter while the smallest value is contributed by the phosphate parameter, signifying a low fertility rate in the coastal area.

Keywords: Vanname Shrimp Aquaculture (*Litopenaeus vannamei*), organic matters, Coastal Area of Lamongan Regency

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul **"Evaluasi Pemanfaatan Lahan Tambak dan Kajian Distribusi Spasial Bahan Organik Budidaya Udang vanname (*Litopenaeus vannamei*) di Wilayah Pesisir Kabupaten Lamongan"**. Tesis ini disusun sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Perikanan dari Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang. Penulisan ini menyajikan pokok-pokok bahasan yang meliputi latar belakang terkait pemanfaatan lahan yang digunakan untuk kegiatan budidaya tambak udang vanname berdasarkan permasalahan yang dihadapi serta tujuan dan manfaat yang akan dicapai. Disamping itu, melakukan kajian distribusi spasial bahan organik budidaya udang vanname dengan menganalisis daya dukung lingkungan terhadap teknologi budidaya dalam pengambilan kebijakan pengembangan budidaya udang vanname secara berkelanjutan (*Sustainable Aquaculture*).

Dalam penyusunan tesis ini penulis menyadari adanya kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki penulis, oleh sebab itu penulis menerima segala kritik dan saran yang membangun agar tesis ini lebih sempurna serta sebagai masukan bagi penulis untuk penelitian dan penulisan karya ilmiah di masa yang akan datang. Semoga tesis ini dapat menambah pengetahuan dan bermanfaat bagi yang membacanya. Amin.

Malang, 23 Mei 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR IDENTITAS PENGUJI	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS	iv
RIWAYAT HIDUP PENULIS	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
RINGKASAN	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR ISTILAH	xiv
 I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Manfaat Penelitian.....	7
 II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Wilayah Pesisir dan Karakteristiknya.....	9
2.2 Kriteria Kegunaan Lahan Pesisir	10
2.3 Pemanfaatan Lahan Di Wilayah Pesisir.....	11
2.4 Pemanfaatan Lahan Untuk Budiaya Tambak Udang	11
2.5 Kelayakan Kualitas Air Untuk Kegiatan Budidaya Udang	15
2.6 Konsep Pembangunan Berkelanjutan	16
2.7 Pengembangan Budidaya Tambak Udang Di Wilayah Pesisir	19
2.8 Beban Limbah Budidaya Tambak Udang dan Serta Dampaknya	20
2.9 Kemampuan Perairan Pesisir dalam Mengencerkan Limbah.....	25
2.10 Daya Dukung Lingkungan Pesisir.....	27
2.11 Evaluasi Pemanfaatan Lahan.....	31
2.12 Sistem Informasi Geografis	32
 III. KERANGKA KONSEP PENELITIAN	
3.1 Landasan Teori	35
3.2 Kerangka Konsep Penelitian	39
3.3 Kerangka Operasional Penelitian	40
 IV. METODOLOGI PENELITIAN	
4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	42
4.2 Bahan dan Alat Penelitian	43
4.2.1 Bahan Penelitian	43
4.2.2 Alat Penelitian	43
4.3 Metode Pengumpulan Data	43
4.3.1 Penentuan Stasiun Penelitian.....	43
4.3.2 Jenis, Sumber dan Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	44
4.4 Metode Analisis Data.....	46
4.5 Analisis Kuantitatif Pendugaan Pada Daya Dukung Lingkungan	47
4.5.1 Pendugaan Kuantitatif Volume Air Laut Yang Tersedia	47

4.6 Analisis Kuantitatif Pendugaan Limbah Tambak Udang	49
4.6.1 Limbah Organik Dalam Bentuk TSS	49
4.6.2 Limbah Nitrogen dan Fosfor	53
4.7 Pendugaan Daya Dukung Lingkungan Perairan Pesisir	54
4.7.1 Pendugaan Konsentrasi Nitrogen dan Fosfor	63
4.8 Analisis Distribusi Spasial dan Klasifikasi Bahan Organik.....	65

V. KONDISI UMUM LOKASI PENELITIAN

5.1 Kondisi Umum Wilayah Pesisir Kabupaten Lamongan	67
5.2 Kondisi Pertambakan.....	70
5.2.1 Karakteristik Lahan	70
5.2.2 Topografi Umum Wilayah Penelitian	71
5.2.3 Topografi Lahan	71
5.2.4 Vegetasi	72

VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

6.1 Kelayakan Lahan Dalam Evaluasi Pemanfaatan Lahan Tambak.....	73
6.1.1 Kualitas Tanah.....	73
6.1.1.1 pH Tanah.....	74
6.1.1.2 Tekstur Tanah	75
6.1.1.3 C-Organik Tanah	76
6.1.1.4 Redoks Potensial.....	77
6.1.1.5 Pirit	78
6.1.1.6 Kapasitas Tukar Kation (KTK).....	79
6.1.1.7 Nitrogen Total dan Fosfor (P Tersedia).....	79
6.1.1.8 Unsur Hara Makro	81
6.2 Karakteristik Biogeofisik dan Kualitas Perairan Pesisir	82
6.2.1 Kualitas Air	82
6.2.1.1 Suhu	82
6.2.1.2 Derajat Keasaman pH Air	84
6.2.1.3 Oksigen Terlarut (DO)	85
6.2.1.4 Salinitas.....	86
6.2.1.5 Bahan Organik Total.....	87
6.2.1.6 TSS	89
6.2.1.7 BOD.....	90
6.2.1.8 COD	91
6.2.1.9 Amonia	92
6.2.10 Nitrit.....	94
6.2.11 Nitrat.....	95
6.2.12 Terlarut Fosfat	97
6.2.13 Kekeruhan	98
6.3 Keragaman Budidaya Tambak Udang di Pesisir	100
6.4 Penentuan Daya Dukung Lingkungan	101
6.5 Kuantifikasi Limbah Tambak Udang (<i>Internal Loading</i>)	102
6.5.1 Kuantifikasi Limbah Organik Dalam Bentuk TSS	102
6.5.2 Kuantifikasi Limbah Nitrogen dan Fosfor	107
6.6 Daya Dukung Lingkungan Perairan Pesisir	109
6.6.1 Berdasarkan Volume Total Air Laut Penerima Limbah	109
6.6.2 Kapasitas Ketersediaan Oksigen Terlarut.....	110
6.7 Pendugaan Daya Dukung Berdasarkan Beban Limbah N dan P	114
6.7.1 Beban Limbah TN dan Limbah TP.....	115
6.8 Implikasi Evaluasi Pemanfaatan di Pesisir Kabupaten Lamongan ...	117

VII. KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan	120
7.2 Saran	121

DAFTAR PUSTAKA.....	122
---------------------	-----

LAMPIRAN.....	130
---------------	-----



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kriteria Kegunaan Lahan Pesisir	10
2. Sistem Budidaya Udang Di Indonesia	14
3. Kriteria Kualitas Air Untuk Kegiatan Budidaya Tambak Udang.....	16
4. Parameter, Alat / Cara Analisis dan Pengukuran Kualitas Tanah.....	45
5. Parameter, Alat / Cara Analisis dan Tempat Pengukuran Kualitas Air	46
6. Parameter Kualitas Subtrat Tanah Perairan Pesisir	73
7. Parameter Kualitas Tanah Tambak Pasca Produksi Budidaya.....	74
8. Hasil Pengamatan Kualitas Air Suhu.....	83
9. Hasil Pengamatan Kualitas Air pH	84
10. Hasil Pengamatan Kualitas Air Oksigen Terlarut.....	85
11. Hasil Pengamatan Kualitas Air Salinitas	87
12. Hasil Pengamatan Kualitas Air Bahan Organik Total (BOT)	88
13. Hasil Pengamatan Kualitas Air TSS	89
14. Hasil Pengamatan Kualitas Air BOD	91
15. Hasil Pengamatan Kualitas Air BOD	92
16. Hasil Pengamatan Kualitas Air Ammonia	93
17. Hasil Pengamatan Kualitas Air Nitrit.....	95
18. Hasil Pengamatan Kualitas Air Nitrat	96
19. Hasil Pengamatan Kualitas Air Fosfat	98
20. Hasil Pengamatan Kualitas Air Kekeruhan.....	99
21. Karakteristik Budidaya Udang vanname di Pesisir Kab. Lamongan	100
22. Kondisi Fisik Perairan Pesisir Kabupaten Lamongan	102
23. Limbah Organik Tambak Udang Dalam Bentuk TSS	105
24. Estimasi Total Konsentrasi Limbah TSS Harian di Perairan Pesisir	106
25. Pendugaan Beban Limbah N dan P Dari Budidaya Tambak Udang..	108
26. Daya Dukung Lingkungan Berdasarkan Volume Total Air Laut.....	110
27. Kandungan Oksigen Terlarut Di Perairan Pesisir per 24 jam	112
28. Daya Dukung Lingkungan Berdasarkan Kapasitas Oksigen Terlarut	114
29. Beban Limbah Konsentrasi Nitrogen dan Fosfor di Pesisir	115
30. Pendugaan Kapasitas Asimilasi Perairan Pesisir Terhadap N dan P	115
31. Status Ekologi (Lingkungan) pesisir Kabupaten Lamongan	118

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Morfologi Udang Vannamei.....	13
2. Segitiga Mobius	18
3. Alur Pakan udang didalam Tambak Udang Intensif.....	22
4. Alur Pakan Udang dan Limbah Nutrien (N dan P) Budidaya Udang	23
5. Kerangka Konsep Penelitian	39
6. Diagram Alir Kerangka Operasional Penelitian	40
7. Peta Lokasi Penelitian di Wlayah Pesisir Kabupaten Lamongan	42
8. Penentuan Volume Perairan Pantai untuk Pengenceran Limbah	49
9. Luas Lahan Budidaya Perikanan di Kabupaten Lamongan	68
10. Total Produksi Budidaya Tambak Udang di Kabupaten Lamongan...	69
11. Jumlah Rumah Tangga Perikanan di Kabupaten Lamongan.....	69
12. Kuantitas Pakan dan Limbah TSS Kepadatan 130 ekor/m ²	103
13. Kuantitas Pakan dan Limbah TSS Kepadatan 60 ekor/m ²	104
14. Kandungan Oksigen Terlarut Perairan Pesisir Kabupaten Lamongan	112



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Proses Penentuan Jumlah Limbah Organik Dalam Bentuk TSS	130
2. Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Lamongan	131
3. Pola Sebaran Spasial Suhu di Perairan Pesisir Kab. Lamongan	132
4. Pola Sebaran Spasial pH di Perairan Pesisir Kab. Lamongan	133
5. Pola Sebaran Spasial DO di Perairan Pesisir Kab. Lamongan	134
6. Pola Sebaran Spasial Salinitas di Perairan Pesisir Kab. Lamongan ...	135
7. Pola Sebaran Spasial BOT di Perairan Pesisir Kab. Lamongan	136
8. Pola Sebaran Spasial TSS di Perairan Pesisir Kab. Lamongan	137
9. Pola Sebaran Spasial BOD di Perairan Pesisir Kab. Lamongan	138
10. Pola Sebaran Spasial COD di Perairan Pesisir Kab. Lamongan	139
11. Pola Sebaran Spasial Amoniak di Perairan Pesisir Kab. Lamongan ...	140
12. Pola Sebaran Spasial Nitrit di Perairan Pesisir Kab. Lamongan	141
13. Pola Sebaran Spasial Nitrat di Perairan Pesisir Kab. Lamongan	142
14. Pola Sebaran Spasial Fosfat di Perairan Pesisir Kab. Lamongan	142
15. Pola Sebaran Spasial Kekeruhan di Perairan Pesisir Kab. Lamongan	143



GLOSSARY

Akuakultur (*Aquaculture*) : Suatu proses budidaya perikanan mulai dari sistem pembenihan sampai pemeliharaan.

Aqua input : Sarana budidaya perikanan (pakan, pupuk , obat-obatan, probiotik dan lain-lain) yang diberikan dan diterapkan selama kegiatan budidaya perikanan berlangsung.

Biofisik : Aspek-aspek penting yang mendasari dalam evaluasi pemanfaatan lahan tambak untuk budidaya berdasarkan kualitas perairan dan tanah tambak ditinjau dari parameter fisika dan kimia.

Baku Mutu : Ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi atau komponen yang ada atau harus ada atau unsur pencemaran dalam suatu sumberdaya tertentu sebagai unsur lingkungan hidup.

Budidaya Tambak Berkelanjutan : Suatu sistem budidaya tambak yang memperhatikan beberapa aspek secara seimbang agar tetap lestari, meliputi ; aspek teknologi (produksi), aspek social, ekonomi (Relevansi Sosial dan Keuntungan) serta aspek lingkungan (Kelayakan lingkungan, daya dukung lingkungan dan kesesuaian lahan).

Budidaya Tambak Ramah Lingkungan : Budidaya yang didalam proses pembuatanya dan proses produksi ikan/udang dilakukan dengan tidak merusak lingkungan

dengan memperhatikan peraturan tata tertib lingkungan seperti ; keberadaan *greenbelt*, tandon buangan dan tandon pemasukan air dan tandon antibiotika atau obat-obatan yang tidak dianjurkan.

Budidaya Tambak Intensif :Sistem budiaya ikan/udang dengan teknologi tinggi pada petakan tambak yang relatif sempit dan sebagian besar input budidaya diberikan dari luar untuk mendukung produksi yang lebih tinggi. Dampak terhadap lingkungan dari sistem budidaya ini sangat tinggi.

Denitrifikasi : Proses pengubahan ammonium menjadi nitrogen bebas di udara oleh bakteri.

Daya Dukung : Jumlah organisme atau jumlah kegiatan usaha dalam jumlah total produksi yang dapat didukung oleh suatu area, ekosistem atau lingkungan (DKP: Batas ambang banyaknya kehidupan atau kegiatan ekonomi yang didukung oleh lingkungan.

Daya dukung kawasan (*physical carrying capacity*) : Luasan area maksimum secara geografis yang sesuai agar dapat menampung suatu tipe budidaya.

Daya Dukung Lingkungan :Daya dukung dibagi atas dua ; (1) Daya dukung ekologis adalah jumlah maksimu organisme pada suatu lahan yang dapat didukung tanpa mengakibatkan kematian karena faktor kepadatan serta terjadinya kerusakan lingkungan secara permanen ; (2) Daya dukung ekonomi adalah

adalah tingkat produksi dari usaha yang memberikan keuntungan maksimum dan ditentukan oleh tujuan usaha secara ekonomi

Dilution Rate : Perbandingan selisih volume air pasang dan surut dengan frekuensi (waktu) antara pasang dan surut

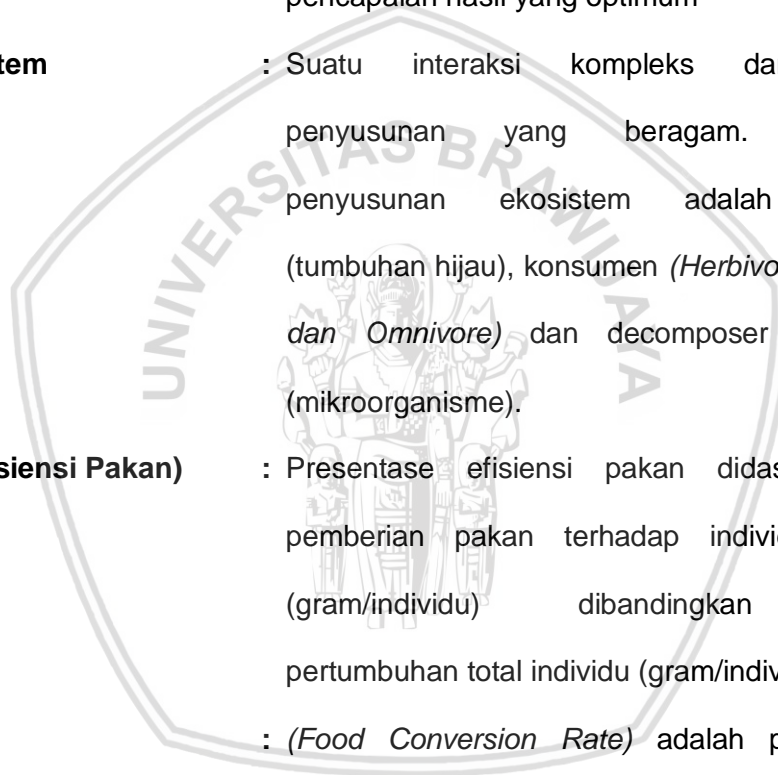
Efisiensi : Penggunaan sumberdaya secara minimum guna pencapaian hasil yang optimum

Ekosistem : Suatu interaksi kompleks dan memiliki penyusunan yang beragam. Komponen penyusunan ekosistem adalah produsen (tumbuhan hijau), konsumen (*Herbivore*, *Carnivore* dan *Omnivore*) dan decomposer / pengurai (mikroorganisme).

Ep (Efisiensi Pakan) : Presentase efisiensi pakan didasarkan atas pemberian pakan terhadap individu biomass (gram/individu) dibandingkan dengan pertumbuhan total individu (gram/individu)

FCR : (*Food Conversion Rate*) adalah perbandingan jumlah kilogram pakan yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu kilogram biomass/bobot individu

Flushing Time : Waktu yang diperlukan untuk melakukan pengenceran limbah dalam suatu perairan (laju pengenceran limbah).



Greenbelt	: Pengertian dalam penelitian ini adalah hutan mangrove sebagai kawasan pelindung atau penyangga hijau di kawasan pesisir
GE (<i>Growth Rate</i>)	: Pertumbuhan total biomass (individu/gram), selama periode budidaya.
Habitat	: Tempat hidup suatu organisme mulai dari lahir, berkembang biak sampai mati.
Intensifikasi	: Peningkatan produksi dalam suatu sistem budidaya perairan melalui padat penebaran (dan produksi yang diharapkan) pada suatu perairan atau lahan basah yang ada.
Kapasitas Asimilasi	: Kemampuan air atau sumber air dalam menerima beban pencemar limbah tanpa menyebabkan terjadinya penurunan kualitas air yang ditetapkan sesuai peruntukannya.
Konservasi	: Upaya pelestarian sumber daya alam.
Limbah	: Hasil buangan yang dihasilkan oleh proses industry maupun domestik.
Limbah Organik	: Limbah (bahan yang berpotensi untuk mencemari lingkungan) yang berasal dari bahan-bahan organik. Dalam penelitian ini limbah yang dimaksud adalah dari sisa-sisa pakan udang maupun kotoran (<i>feces</i>) yang dapat menghasilkan senyawa beracun akibat dari ketidak kemampuan perairan menguraikan bahan organik tersebut (an aerob).

- Nitrifikasi** : Suatu proses penyusunan senyawa nitrat dan amoniak yang berlangsung secara aerob didalam tanah.
- Overlay** : Teknik tumpang susun dengan cara memadukan beberapa data dan informasi secara skoring atau beberapa layer sehingga menghasilkan keluaran baru dalam bentuk peta tematik.
- SIG** : Sistem operasi pengolahan data yang dapat mengolah data-data geografis atau data-data yang memiliki informasi keruangan atau spasial yang dihubungkan satu dengan yang lain sehingga memperoleh informasi baru
- Spasial** : Ruang atau tempat.



**EVALUASI PEMANFAATAN LAHAN TAMBAK DAN KAJIAN DISTRIBUSI
SPASIAL BAHAN ORGANIK BUDIDAYA UDANG VANNAME
(*Litopenaeus vannamei*) DI WILAYAH PESISIR
KABUPATEN LAMONGAN**

ARTIKEL TESIS

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Magister**



**Oleh:
LIGA INSANI
NIM. 166080100111004**

**PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
MINAT LINGKUNGAN**

**PROGRAM PASCASARJANA
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

ARTIKEL TESIS

**EVALUASI PEMANFAATAN LAHAN TAMBAK DAN KAJIAN DISTRIBUSI
SPASIAL BAHAN ORGANIK BUDIDAYA UDANG VANNAMEI
(*Litopenaeus vannamei*) DI WILAYAH PESISIR
KABUPATEN LAMONGAN**

Oleh :

LIGA INSANI
NIM. 166080100111004

Telah dipertahankan di depan penguji
Pada tanggal : 23 Mei 2018
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,
Komisi Pembimbing

Ketua

Anggota

Dr. Ir. Mohammad Fadjar, M.Sc
NIP. 19621014 198703 2 003

Dr. Ir. Maftuch, M.Si
NIP. 19660825 199203 1 001

Mengetahui,

Dekan
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

Ketua
Program Magister

Prof. Dr. Ir. Happy Nursyam, MS
NIP. 19600322 198601 1 001

Prof. Dr. Ir. Sri Andayani, MS
NIP. 19611061 198601 9 001

EVALUASI PEMANFAATAN LAHAN TAMBAK DAN KAJIAN DISTRIBUSI SPASIAL BAHAN ORGANIK BUDIDAYA UDANG VANNAME (*Litopenaeus vannamei*) DI WILAYAH PESISIR KABUPATEN LAMONGAN

Oleh :

Liga Insani (*), Muhammad Fadjar (**) dan Maftuch

ABSTRAK

Wilayah pesisir memiliki beraneka ragam sumberdaya yang yang memungkinkan pemanfaatannya secara berganda. Pada kawasan pesisir pemanfaatan lahan telah dilakukan untuk berbagai kepentingan salah satunya pertambakan udang. Kegiatan budidaya tambak udang yang terus menerus akan menyebabkan terjadinya degradasi lingkungan, yang ditandai dengan menurunnya kualitas air. Disamping itu, penataan wilayah atau penataan ruang pengembangan budidaya tambak udang yang tidak memperhatikan daya dukung lingkungan akibat pengelolaan yang tidak tepat, sehingga menimbulkan permasalahan lingkungan dengan segala aspek komplikasinya dalam kurun waktu yang panjang salah satunya budidaya tambak udang dengan teknologi intensif. Budidaya tambak udang intensif menghasilkan limbah organik terutama berasal dari sisa pakan, *feces* dan bahan-bahan terlarut yang terbuang ke perairan yang secara signifikan mempengaruhi kualitas lingkungan pesisir.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis beban limbah organik dari kegiatan budidaya tambak udang vanname (*internal loading*) yang sesuai dengan kemampuan asimilasi perairan pesisir. Kemudian mengetahui pola sebaran spasial bahan organik serta mengestimasi pemanfaatan lahan tambak berdasarkan daya dukung lingkungan perairan pesisir Kabupaten Lamongan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai Maret 2018.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif melalui pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG). analisis distribusi spasial bahan organik menggunakan analisis geostatistik, yaitu dengan menginterpolasi data titik menjadi area (*polygon*) menggunakan metode IDW.

Hasil interpolasi masing-masing kualitas perairan tambak, Sungai dan perairan pesisir tersebut disusun dalam bentuk peta-peta tematik. Nilai beban bahan organik dari kegiatan budidaya tambak udang vanname ditentukan dari beberapa indikator utama yaitu Oksigen terlarut, BOD₅, TOM, Ammonia, Nitrate dan Phosphate. Nilai dari indikator Dari hasil yang diperoleh dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai sebaran spasial bahan organik tertinggi yaitu disumbangkan parameter BOD yaitu; 3.12 mg/l – 3.25 mg/l. sedangkan hasil pengukuran kandungan terendah pad parameter fosfat, hasil yang didapat yaitu 0,005 – 0,006 mg/l. Hal ini menunjukkan perairan di pantai pesisir Kabupaten Lamongan termasuk dalam perairan tingkat kesuburan yang rendah. Dari hasil yang diperoleh dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai beban bahan organik paling besar disumbangkan oleh parameter *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*, sedangkan nilai terkecil disumbangkan oleh parameter phosphate yang menunjukkan tingkat kesuburan perairan pantai di wilayah pesisir rendah.

Kata Kunci : Tambak Budidaya udang vanname (*Litopenaeus vannamei*), Bahan Organik, Pantai pesisir Kabupaten Lamongan

EVALUATION OF POND AND STUDY OF ORGANIC MATTER SPATIAL DISTRIBUTION OF VANNAME SHRIMP (*LITOPENAEUS VANNAMEI*) AQUACULTURE IN COASTAL AREA OF LAMONGAN REGENCY

Liga Insani (*), Muhammad Fadjar (**) dan Maftuch

ABSTRAC

Coastal areas have a wide range of resources that can be utilized in multiple ways. Land utilization of coastal areas has been done for various interests, one of which is for shrimp aquaculture (farming). Continuous shrimp farming activities will lead to environmental degradation, characterized by decreased water quality. Besides, the area or spatial arrangement of shrimp aquaculture development that does not pay attention to the environmental carrying capacity due to improper management can cause environmental problems with all aspects of its complications in a long period of time, one of which is the problem emerging from shrimp farming with the use of intensive technology. Intensive shrimp farming can produce organic wastes, primarily from the residual feed, feces, and dissolved matters discharged into waters that significantly affect the quality of the coastal environment.

This study aimed to determine the distribution pattern of organic matters resulted from Vanname shrimp (*Litopenaeus vannamei*) aquaculture in the coastal area of Lamongan Regency. This study was conducted from January to March 2018.

The study used a descriptive method with *Geographical Information System* (GIS) approach. The spatial distribution analysis of organic materials was carried out using geostatistical analysis, by interpolating point data into areas (polygons) using IDW method. The interpolation results of each water quality of the ponds, river, and coastal waters were arranged in the form of thematic maps.

The value pollution load index (PLI) value of the shrimp farming activities was determined based on six main indicators, namely dissolved oxygen, BOD₅, TOM, Ammonia, Nitrate, and Phosphate. Based on the results obtained, the highest spatial distribution value of organic matters was showed by the BOD parameter of 3.12 mg/l – 3.25 mg/l, included in the medium-polluted category. Meanwhile, the measurement result of the phosphate content as an indicator of water fertility ranged from 0.005 - 0.006 mg/l. It suggests that the waters on the coastal area of Lamongan Regency are included in *oligotrophic* waters, indicating a low fertility rate. From the results above, it can be concluded that the largest pollution load index (PLI) value is contributed by the Biochemical Oxygen Demand (BOD) parameter while the smallest value is contributed by the phosphate parameter, signifying a low fertility rate in the coastal area.

Keywords: Vanname Shrimp Aquaculture (*Litopenaeus vannamei*), organic matters, Coastal Area of Lamongan Regency

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wilayah pesisir memiliki beraneka ragam sumberdaya yang memungkinkan pemanfaatannya secara berganda. Pada kawasan pesisir pemanfaatan lahan telah dilakukan untuk berbagai kepentingan salah satunya pertambakan udang (Bengen, 2004). Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan komoditas udang yang masuk ke Indonesia, sebagai solusi menghadapi permasalahan budidaya udang windu (*Panaeus monodon*). Udang vaname masuk ke Indonesia melalui Surat Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan RI.No.41 Th.2001 (BMP WWF, 2014).

Pemanfaatan kawasan di wilayah pesisir perlu adanya perbaikan manajemen sumberdaya perikanan seperti pengembangan teknologi dan pengelolaan secara tepat, agar pengembangan di wilayah pesisir dapat berjalan secara efisien, tepat dan berkelanjutan (Dahuri, 2000). Pengembangan kawasan di wilayah pesisir dapat dilakukan dengan pendekatan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG). Sistem Informasi Geografis (SIG) telah digunakan sebagai sumber data utama penggunaan lahan di seluruh dunia (Campbell, 2002). Meskipun demikian, hal ini jarang berlaku di Indonesia dimana peta-peta penggunaan lahan pada tingkat Kabupaten masih banyak dibangun berdasarkan survei terestris (Danoedoro, 2004).

Kegiatan budidaya tambak udang adalah salah satu contoh pemanfaatan lahan di wilayah pesisir, kegiatan budidaya tambak udang yang terus menerus akan menyebabkan terjadinya degradasi lingkungan, yang ditandai dengan menurunnya kualitas air. Disamping itu, penataan wilayah atau penataan ruang pengembangan budidaya tambak udang yang tidak memperhatikan daya dukung lingkungan akibat pengelolaan yang tidak tepat, sehingga menimbulkan permasalahan lingkungan dengan segala aspek komplikasinya dalam kurun waktu yang panjang salah satunya budidaya udang dengan teknologi intensif. Budidaya udang dengan teknologi intensif merupakan kegiatan ekonomi yang sangat produktif dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan devisa negara, namun legitimasi keberlanjutannya ditentukan oleh

dampak kerusakan lingkungan yang ditimbulkannya (Suprpto et al 2008). Budidaya udang intensif menghasilkan limbah organik terutama berasal dari sisa pakan, *feces* dan bahan-bahan terlarut yang terbuang ke perairan yang secara signifikan mempengaruhi kualitas lingkungan pesisir (Johnsen et al. 1993). Karena itu, pengembangan tambak udang secara lestari harus memperhatikan dua aspek penting, yaitu: (1) kuantifikasi limbah tambak dan (2) kemampuan perairan pesisir dalam menerima beban limbah tambak (Soewardi 2002).

Kegiatan budidaya tambak udang suatu saat akan menimbulkan kerusakan terhadap lingkungan perairan, jika tidak dilakukan pengelolaan secara bertanggungjawab, pada akhirnya akan mengancam keberlanjutan sumberdaya perikanan budidaya tambak udang. Demi menjaga kelestarian budidaya tambak udang dan memperkecil penurunan kualitas lingkungan akibat beban limbah yang dihasilkan, maka jumlah atau luasan tambak udang di wilayah pesisir harus disesuaikan dengan kemampuan daya dukung lingkungan wilayah pesisir. Kegagalan panen yang seringkali dialami petani tambak udang merupakan salah satu bukti bahwa telah terjadinya degradasi kualitas air dan lahan pendukung usaha budidaya. Selain itu, sering diabaikannya daya dukung atau kemampuan dari tambak sebagai media kegiatan budidaya. Keberlanjutan dari kegiatan budidaya tambak ini sangat ditentukan oleh aspek dinamika kualitas lingkungan pesisir karena adanya interaksi antara pengguna di wilayah pesisir, selain kegiatan budidaya tambak udang itu sendiri (Tiro 2002).

1.2 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis beban limbah organik dari kegiatan budidaya tambak udang (*internal loading*) yang sesuai dengan kemampuan asimilasi perairan pesisir.
2. Mengetahui pola sebaran spasial bahan organik dari kegiatan budidaya tambak udang vanname (*Litopenaeus vannamei*) melalui analisis distribusi spasial bahan organik.
3. Mengestimasi pemanfaatan lahan tambak berdasarkan daya dukung lingkungan perairan pesisir yang ditinjau dari aspek ekologis, untuk keberlanjutan kegiatan

budidaya udang dengan pendekatan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG).

1.3 Tempat dan Waktu Penelitian.

Penelitian ini dilaksanakan di sekitar zona pemanfaatan lahan budidaya tambak udang di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan pada bulan Januari – Maret 2018. Pelaksanaan untuk uji kualitas tanah dan air dilakukan di Laboratorium Oseanografi, Laboratorium Tanah dan Sumberdaya Lahan Universitas Trunojoyo Madura serta di Laboratorium Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya Malang.

II. METODOLOGI

2.1 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif melalui pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG). Penentuan titik pengamatan dilakukan sebelum pengamatan lapangan dengan menganalisis peta dasar. Terdapat tiga tahap penilitan. Tahap pertama yaitu penentuan pada titik-titik sampling, setiap titik-titik sampling ditandai dengan menggunakan GPS (*Global Positioning System*) berdasarkan zona pemanfaatan lahan budidaya tambak udang di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan yang terdiri dari dua kecamatan, yaitu kecamatan Paciran dan kecamatan Brondong. Penentuan titik sampling pada kedua kecamatan ditentukan dengan teknik *Point-Quarter Method* yakni metode penentuan titik-titik sampling secara acak di sepanjang suatu garis transek dengan jarak antar titik ditentukan secara acak maupun sistematis. Sedangkan penentuan pemilihan lokasi dilakukan dengan metode purposive sampling, dimana teknik ini dilakukan dengan sengaja sehingga dapat mewakili secara keseluruhan lokasi penelitian.

Tahap kedua yaitu pengambilan sampel berupa kualitas air dan tanah. Pengambilan sampel kualitas air dilakukan di tambak kecamatan paciran dan kecamatan Brondong. Posisi masing – masing stasiun pengambilan contoh sampel kualitas air dan tanah ditentukan dengan alat bantu *Global Positioning System (GPS)*

Tahap ketiga dari hasil dari pengukuran parameter kualitas air dan tanah yang diperoleh, kemudian selanjutnya dianalisis dengan analisis kuantitatif dan

analisis geostatistik, yaitu dengan menginterpolasi data titik menjadi area (*polygon*) menggunakan metode IDW. Hasil interpolasi masing-masing selanjutnya dilakukan penyusunan dalam bentuk peta-peta tematik

III. HASIL PENELITIAN

3.1 Hasil Pengukuran Kualitas Air dan Tanah dan Air Tambak

Hasil yang diperoleh dari pengukuran kualitas air dan tanah tambak di stasiun pengamatan di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan disajikan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Hasil pengamatan kualitas air

Parameter	Kec. Paciran	Kec. Brondong
Suhu C°	31.4	31.1
DO	9.21	11.57
pH	7.8	8.8
Salinitas (o/oo)	31	32
BOT mg/l	28.49	26.44
TSS mg/l	60	74
BOD mg/l	1.32	1.42
COD mg/l	78	81
Ammonia mg/l	0.021	0.054
Nitrat mg/l	0.025	0.064
Nitrit mg/l	0.147	0.147
Fosfat mg/l	0.023	0.037
Kekeruhan	37.65	52

Tabel 1. Parameter Kualitas Tanah Tambak Pasca Produksi Budidaya

Parameter	Satuan	Kedalaman Tanah (0 – 20 cm)	
		Kecamatan Paciran	Kecamatan Brondong
BO-C Organik	%	5,22*	1,41*
P ₂ O ₅	mg/l	209	293
N- Total	%	0,20*	0,09*
KTK	me/100 g	19,42*	18,81*
K	me/100 g	1,60	0,57*
Ca	me/100 g	<0,0001	<0,0001
Na	me/100 g	8,39	8,10
Mg	me/100 g	2,10*	2,10*
Potensial Redoks	meV	-85*	-100*
Fe Total	%	2,2	1,4*
pH (H ₂ O) 1:5	-	8,44	8,68
Tekstur Tanah	-	Lempung berliat	Lempung
Fe	%	1,47*	1,40*

3.1.2. Keragaman Budidaya Tambak Udang

Monitoring dilakukan pada tambak udang intensif di pesisir Kabupaten Lamongan selama satu musim tanam (MT) atau selama satu siklus produksi. Hasil monitoring disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Keragaman Budidaya Tambak udang

Parameter	Kecamatan Paciran	Kecamatan Brondong
Komoditi	Udang vanname	Udang vanname
Luas petak tambak m ²	5000	4000
Padat penebaran (ekor/m ²)	60	130
Jumlah pakan (kg)	11 058	4399
Kelangsungan hidup (%)	81	85
Produksi (kg)	7014.17	36945.52
FCR	1.15	1.45
Lama pemeliharaan (hari)	92	109
Pergantian air tambak	3% (bln 1 dan 2); 10% (bln 3); 15% (bln 4)	3% (bln 1 dan 2); 10% (bln 3); 15% (bln 4)

3.1.2. Penentuan Daya Dukung Lingkungan

Penentuan daya dukung lingkungan dalam melakukan evaluasi pemanfaatan lahan untuk kegiatan budidaya tambak udang vanname dengan menggunakan pendekatan ketersediaan air melalui kuantifikasi volume total air laut yang tersedia di perairan pesisir V_{tot} . Kuantifikasi volume air yang tersedia diperairan pesisir menggunakan pendekatan Widigdo dan Pariwono (2003), dimana volume air yang tersedia di perairan pesisir dipengaruhi oleh frekuensi pasang surut, kisaran pasang surut, panjang garis pantai serta kemiringan dasar perairan. Data dapat dilihat sebagai berikut :

- Kemiringan pantai = 0.17°
- Kisaran pasut = 2.12 m
- Jarak (X) = 1203.84 m
- Panjang garis pantai = 42.133 m
- Volume perairan = $0.5 h y (2x - \frac{1}{\tan \theta})$
 $= 0.5 (2.12) (42.133) (2 (1203.84) - (2.12 / 0.007))$
 $= 79.191.198,99 \text{ m}^3$

Berdasarkan parameter diatas dan hasil perhitungan diperoleh volume air yang tersedia diperairan pesisir Kabupaten Lamongan untuk mengencerkan limbah dalam satu siklus pasang surut sebesar $79.191.198,99 \text{ m}^3$. Karena jenis pasutnya tunggal, maka frekuensi pasang /hari sebanyak 1 kali sehingga volume perairan yang tersedia adalah sama, yaitu: $79.191.198,99 \text{ m}^3$. Hasil perhitungan yang diperoleh waktu tinggal (*retention time*) volume massa air diperairan pesisir per siklus pasang surut yaitu 2.0 jam. Karena frekuensi pasang surut di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan 1 kali/hari, maka waktu tinggal volume massa air menjadi $1 \times 2.0 \text{ jam} = 2.0 \text{ jam}$. Kondisi fisik perairan pesisir Kabupaten Lamongan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kondisi fisik perairan pesisir Kabupaten Lamongan

No	Parameter	Nilai Pengamatan
1	Panjang garis pantai	47 km (47 000 m)
2	Rata-rata kemiringan daer perairan pesisir	0.174
3	Jarak pengambilan air laut untuk keperluan tambak	754 m
4	Kisaran pasang surut	0.9983
5	Pola pasang surut	1kali pasang dan 1 kali surut

3.1.3. Implikasi Evaluasi Pemanfaatan Lahan Buidaya Tambak Udang di Wilayah Pesisir Kabupaten Lamongan

Pemanfaatan lahan untuk budidaya tambak udang di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan sangat dipengaruhi oleh aspek ekologi (lingkungan). Sehingga perlu dilakukan antisipasi terhadap segala sesuatu yang menyebabkan keseimbangan ekologi (lingkungan) terganggu. Pemanfaatan lahan yang dilakukan untuk kegiatan budidaya tambak udang yang sesuai dengan daya dukung lingkungannya akan berpengaruh pada keberlanjutan kegiatan budidaya tambak udang itu sendiri. Status ekologi (lingkungan) dari evaluasi yang dilakukan dalam pemanfaatan lahan tambak budidaya udang vanname di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Status ekologi (lingkungan) wilayah pesisir Kabupaten Lamongan dari evaluasi pemanfaatan lahan tambak udang

Parameter	Nilai	Keterangan
Luas wilayah Kecamatan Paciran dan Kecamatan Brondong	13 785.90 ha (luas Total)	Citra Landsat 7 ETM+, Path Row 117/065 (2018); Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Lamongan
Luas tutupan tambak	604.46 ha	Citra Landsat 7 ETM+, Path Row 117/065 (2018); Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Lamongan
Luas tambak Kecamatan Brondong saat ini	536.65 ha	Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Lamongan
Luas tambak Kecamatan Paciran saat ini	67.81 ha	Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Lamongan
Luas tambak yang tidak terpakai	14.15 ha	Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Lamongan
Luas lahan pada kondisi daya dukung lingkungan Tipe pasang surut	268 ha	Intensif (130 ekor/m ²)
Volume total air laut yang tersedia di perairan pesisir	33.90 ha 2.4116	Intensif (60 ekor/ m ²) Tipe tunggal
Flushing time	79.191.198,99 m ³ 2.1 hari	1 siklus pasang surut perhari Laju pengenceran limbah organik organik di perairan pesisir
Lama tinggal air di pantai (<i>retention time</i>)	8.0 jam	1 siklus pasang surut/hari
Kapasitas oksigen yang tersedia di perairan pantai	127.349,53 kg O ₂ /hari	Oksigen terlarut tersedia untuk menguraikan limbah organik di perairan pesisir
Jumlah limbah organik yang dapat ditampung oleh perairan pesisir	636.947.19 kg limbah organik/hari	Daya dukung limbah organik
Jumlah buangan limbah organik tambak udang dalam bentuk TSS	9622.915 kg/ha 2400.472 kg/ha	Intensif (130 ekor/m ²) Intensif (60 ekor/ m ²)m
Jumlah buangan limbah nitrogen	35.87 kg/ha 2.94 kg/ha	Intensif (130 ekor/m ²) Intensif (60 ekor/ m ²)m
Jumlah buangan limbah phosphor	9.66 kg/ha 0.83 kg/ha	Intensif (130 ekor/m ²) Intensif (60 ekor/ m ²)m
Luas optimal tambak udang (skenario 1) (direkomendasikan)	160.99 ha 20.36 ha	Intensif (130 ekor/m ²) Intensif (60 ekor/ m ²)
Luas optimal tambak udang (skenario 2) (alternatif)	80.49 ha 10.17 ha	Intensif (130 ekor/m ²) Intensif (60 ekor/ m ²)

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

1. Beban limbah organik yang dihasilkan dari kegiatan budidaya tambak udang (*internal loading*) di Kecamatan Paciran

dalam bentuk TSS yang dibuang dan masuk ke lingkungan perairan pesisir selama satu musim tanam (MT) persatuan luas (ha) sebesar 9622.915 kg TSS/ha. Sedangkan di Kecamatan Brondong beban limbah organik yang dihasilkan sebesar 2400.472 kg TSS/ha.

2. Kemampuan daya dukung limbah organik yang dapat ditampung oleh perairan pesisir Kabupaten Lamongan sebesar 636 947.19 kg limbah organik/hari. Sedangkan kapasitas oksigen yang tersedia di perairan pantai untuk menguraikan limbah organik di perairan pesisir sebesar 127 349, 53 kg O₂/hari
3. Luas lahan tambak udang pada kondisi daya dukung lingkungan sebesar 268 ha di Kecamatan Brondong (130 ekor/m²) sedangkan di Kecamatan Paciran 33.90 ha (60 ekor/m²)
4. Distribusi spasial bahan organik di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan yang ditinjau dari 10 parameter yaitu BOD, COD, BOT, Nitrat, Nitrit, Fosfat, TSS, Nitrat, Nitrit, Oksigen terlarut. Pola Sebaran spasial bahan organik paling tinggi adalah COD dan BOD.
5. Berdasarkan kondisi fisik perairan pesisir Kabupaten Lamongan, beban limbah organik yang mampu diasimilasi sebesar 603 669.98 kg/hari, sehingga luas tambak udang yang dapat dikembangkan yaitu tambak udang intensif (130 ekor/m²) seluas 65.61 ha dengan daya dukung produksi sebesar 1246.59 ton udang/MT. Sedangkan jika hanya dikembangkan tambak udang intensif (60 ekor/m²) seluas 251.52 ha dengan daya dukung produksi sebesar 1509.12 ton udang/MT.

4.2. Saran

1. Perlu adanya perbaikan manajemen sumberdaya perikanan seperti; pengembangan teknologi dan pengelolaan budidaya tambak udang secara tepat, agar pengembangan kedepan di wilayah pesisir dapat berjalan secara efisien dan berkelanjutan sehingga bentuk dari pemanfaatan lahan tambak untuk kegiatan budidaya udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) tersebut tidak mencemari perairan pantai di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan.
2. Perlunya melakukan analisis mengenai dampak lingkungan (AMDAL) apabila

dilakukan pengembangan areal pertambakan baik intensif maupun semi intensif agar limbah perairan dapat dikendalikan dengan mengurangi padat tebar udang, sehingga pakan yang diberikan juga sesuai dengan limbah tambak yang keluar lingkungan.

Saran yang dapat diberikan dari pemanfaatan wilayah pesisir untuk kegiatan budidaya tambak udang vannamei adalah perlu adanya perbaikan manajemen sumberdaya perikanan seperti; pengembangan teknologi dan pengelolaan budidaya tambak udang secara tepat, agar pengembangan di wilayah pesisir dapat berjalan secara efisien dan berkelanjutan sehingga bentuk dari kegiatan tersebut tidak mencemari perairan pantai di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bengen DG. 2004. **Ragam pemikiran menuju pembangunan pesisir dan laut berkelanjutan berbasis eko-sosiosistem. Pusat Pembelajaran dan Pengembangan Pesisir dan Laut (P4L).** Bogor.
- Boyd CE. 1990. *Water quality in ponds for aquaculture.* Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University, Alabama, 482p.
- Better Management Practises WWF, 2014. **Better Management Practices Budidaya Udang Vannamei, Tambak Semi Intensif dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).** Versi 1. WWF-Indonesia.
- Campbell, J. B. 2002. *Introduction to Remote Sensing.* Third edition. Guilford press, New York.
- Dahuri, R., 2000. *Analisa Kebijakan dan Program Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil.* Makalah disampaikan Pada Pelatihan Manajemen Wilayah Pesisir. Fakultas Perikanan-IPB. Bogor.
- Danoedoro. P. 2004a. **Klasifikasi Penutup Lahan Secara Rinci: Pengalaman Dengan Citra Landsat ETM' dan QuickBird.** Dalam: Danoedoro, P. (ed.), Sains Informasi Geografis: Dari Perolehan dan

- Analisis Citra hingga Pemetaan dan Permodelan Spasial. Jurusan Kartografi dan Penginderaan Jauh. Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Danoedoro. P. 2004b. **Informasi Penggunaan Lahan Multidimensional: Menuju Sistem Klasifikasi Penggunaan Lahan Multiguna Untuk Perencanaan Wilayah dan Permodelan Lingkungan.** Dalam: Danoedoro, P. (ed.), Sains Informasi Geografis: Dari Perolehan dan Analisis Citra hingga Pemetaan dan Permodelan Spasial. Jurusan Kartografi dan Penginderaan Jauh. Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Effendi H. 2003. *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumberdaya dan lingkungan perairan.* MSP-IPB Bogor.
- Johnsen RI, Grahl-Nielson O, Lunestad BT. 1993. **Environmental distribution on organic waste from marine fish farm.** Aquaculture, 118 : 229 – 224.
- Sawyer CN, McCarty PL. 1978. *Chemistry for environmental engineering.* Third edition. McGraw-Hill Book Company, Tokyo.
- Soewardi, K 2002. **Pengelolaan Kualitas Air Tambak, Makalah Dalam Seminar Penetapan Standar Kualitas Air Buangan Limbah,** Ditjen Perikanan Budidaya, Puncak, 7-9 Agustus 2002.
- Sugiyono dan Alfabeta, 2008. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif.* Bandung.
- Suprptono TKP, Puspito DCL, Siswanto, Poniran, Suyoto. 2008. **Optimalisasi produktivitas tambak idle melalui budidaya multispesies dengan sistem pemeliharaan paralel dan resirkulasi.** Laporan Kegiatan Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau Jepara. Tahun 2008. Hal :209-219.
- Tiro LB. 2002. **White shrimp *Litopenaeus vannamei* dan *Litopenaeus stylirostris*, The global culture species for shrimp farmers.** Aqua Seed Technologies

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Wilayah pesisir memiliki beraneka ragam sumberdaya yang yang memungkinkan pemanfaatanya secara berganda. Pemanfaatan sumberdaya wilayah pesisir perlu di optimalkan dengan melakukan evaluasi pengembangan antara setiap sumberdaya dalam ekosistem wilayah pesisir secara menyeluruh. Pada kawasan pesisir pemanfaatan lahan telah dilakukan untuk berbagai kepentingan salah satunya pertambakan udang (Bengen, 2004).

Pemanfaatan lahan untuk budidaya tambak udang di wilayah pesisir perlu adanya perbaikan manajemen sumberdaya perikanan seperti pengembangan teknologi serta evaluasi pengelolaan secara tepat, agar pemanfaatan lahan untuk kegiatan budidaya tambak udang dapat berjalan secara efisien, tepat dan berkelanjutan (Dahuri, 2000). Evaluasi pemanfaatan lahan di wilayah pesisir dapat dilakukan dengan pendekatan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG). Sistem Informasi Geografis (SIG) telah digunakan sebagai sumber data utama penggunaan lahan di seluruh dunia (Campbell, 2002). Meskipun demikian, hal ini jarang berlaku di Indonesia dimana peta-peta penggunaan lahan pada tingkat Kabupaten masih banyak dibangun berdasarkan survei terestris (Danoedoro, 2004).

Kabupaten Lamongan merupakan salah satu kabupaten yang terdapat di wilayah pesisir Provinsi Jawa Timur dan mempunyai potensi perikanan budidaya yang cukup berkembang. Oleh karena itu, Pemerintah Daerah Kabupaten Lamongan menjadikan wilayah pesisir sebagai salah satu kawasan sentra pengembangan perikanan budidaya. Kegiatan perikanan budidaya yang sudah dikembangkan adalah budidaya tambak bandeng, kerapu

dan budidaya tambak udang (Sucipto, 2012). Kawasan Tambak di wilayah pesisir kabupaten Lamongan tersebar di dua kecamatan, yaitu kecamatan Paciran dan Kecamatan Brondong. Kawasan ini merupakan kawasan yang memiliki tingkat intensitas pengembangan yang cukup tinggi terutama untuk kegiatan budidaya tambak udang (Bapeda Kabupaten Lamongan, 2017).

Kegiatan budidaya tambak udang yang terus menerus menyebabkan terjadinya degradasi lingkungan, yang ditandai dengan menurunnya kualitas air. Kendala lingkungan yang dihadapi dalam kegiatan budidaya, diantaranya penataan wilayah atau penataan ruang pengembangan budidaya yang tidak memperhatikan daya dukung lingkungan akibat pengelolaan yang tidak tepat, sehingga menimbulkan permasalahan lingkungan dengan segala aspek komplikasinya dalam kurun waktu yang panjang salah satunya budidaya udang dengan teknologi intensif.

Budidaya udang dengan teknologi intensif merupakan kegiatan ekonomi yang sangat produktif dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan devisa negara, namun legitimasi keberlanjutannya ditentukan oleh dampak kerusakan lingkungan yang ditimbulkannya (Suprpto *et al* 2008). Budidaya tambak udang intensif menghasilkan limbah organik terutama berasal dari sisa pakan, *feces* dan bahan-bahan terlarut yang terbuang ke perairan yang secara signifikan mempengaruhi kualitas lingkungan pesisir (Johnsen *et al.* 1993). Karena itu, pengembangan tambak udang secara lestari harus memperhatikan dua aspek penting, yaitu: (1) kuantifikasi limbah tambak dan (2) kemampuan perairan pesisir dalam menerima beban limbah tambak (Soewardi 2002).

Kuantifikasi limbah tambak udang meliputi penghitungan beban limbah yang dihasilkan dari suatu kegiatan budidaya tambak udang, sedangkan kuantifikasi kemampuan perairan pesisir adalah penghitungan kuantitatif beban limbah maksimum yang dapat ditampung oleh perairan pesisir berdasarkan

kapasitas asimilasi. Beban limbah tambak udang yang masuk ke lingkungan perairan pesisir, apabila melampaui daya dukungnya untuk mengasimilasinya, maka akan mengakibatkan terjadinya degradasi kualitas lingkungan perairan pesisir.

Kegiatan budidaya tambak udang di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan yang ada saat ini dan pengembangannya ke depan, suatu saat akan menimbulkan kerusakan terhadap lingkungan perairan, jika tidak dilakukan pengelolaan secara bertanggungjawab, pada akhirnya akan mengancam keberlanjutan sumberdaya perikanan budidaya tambak udang. Demi menjaga kelestarian budidaya tambak udang dan memperkecil penurunan kualitas lingkungan akibat beban limbah yang dihasilkan, maka jumlah atau luasan tambak udang di wilayah pesisir harus disesuaikan dengan kemampuan daya dukung lingkungan wilayah pesisir.

Kegagalan panen yang seringkali dialami petani tambak udang merupakan salah satu petunjuk bahwa telah terjadinya degradasi kualitas air dan lahan pendukung usaha budidaya. Selain itu, sering diabaikannya daya dukung atau kemampuan dari tambak sebagai media kegiatan budidaya. Analisa daya dukung lingkungan perairan perlu dilakukan untuk mengetahui kondisi dan kemampuan tambak dalam mendukung kegiatan budidaya agar sesuai dengan hasil yang diharapkan, demi menjaga kelestarian budidaya tambak udang dan memperkecil penurunan kualitas lingkungan akibat beban limbah yang dihasilkan. Keberlanjutan dari kegiatan budidaya tambak ini sangat ditentukan oleh aspek dinamika kualitas lingkungan pesisir karena adanya interaksi antara pengguna di wilayah pesisir, selain kegiatan budidaya tambak udang itu sendiri (Tiro 2002).

Berdasarkan uraian di atas maka hal penting yang diperlukan adalah harus adanya evaluasi pemanfaatan lahan serta kajian kegiatan budidaya

tambak udang. Selain itu, diperlukan suatu pengelolaan pesisir secara menyeluruh yang mencakup penyusunan zonasi dan arahan kegiatan budidaya perikanan pesisir dalam rencana tata ruang, sehingga diharapkan dapat terlaksana budidaya udang vanname yang berkelanjutan, dengan memperhatikan fungsi preservasi, konservasi dan fungsi pemanfaatannya.

Oleh karena itu, dalam upaya pemanfaatan lahan budidaya tambak yang berkelanjutan di wilayah pesisir perlu dilakukan penelitian tentang “Evaluasi Pemanfaatan Lahan Tambak Dan Kajian Distribusi Spasial Bahan Organik Budidaya Udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan” yang diperuntukkan untuk keberlanjutan produktivitas perikanan budidaya pada tambak udang khususnya.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan utama dalam budidaya tambak udang (intensif dan semi intensif) adalah masukan *akuainput* dan pengkayaan nutrien dari pakan yang akan berdampak pada kualitas air sebagai akibat adanya *loading nutrient* antara lain dari sisa pakan dan *feces*. Selain itu, pakan merupakan pemasok utama limbah bahan organik dan nutrien ke lingkungan perairan (Barg 1992; Phillips *et al.* 1993; Kibria *et al.* 1996; Boyd *et al.* 1998; Boyd 1999; Siddiqui dan Al-Harbi 1999). Dari jumlah pakan yang diberikan, sekitar 30 % tertinggal sebagai sisa pakan dan 25 – 30 % dari pakan yang dikonsumsi akan dieksresikan (McDonald *et al.* 1996). Dalam budidaya udang intensif sekitar 15 % dari pakan yang diberikan akan larut dalam air dan 20 % dikembalikan ke lingkungan dalam bentuk *feces* (Primavera dan Apud 1994).

Jumlah pakan yang tidak dikonsumsi dan hasil ekskresi umumnya dicirikan oleh adanya peningkatan *Total Suspended Solid* (TSS), BOD, dan COD, serta kandungan N dan P. Secara potensial penyebaran dampak buangan

limbah yang kaya nutrien dan bahan organik dapat mempengaruhi kualitas perairan pesisir seperti meningkatkan sedimentasi dan siltasi, *hypoxia*, *hypernutrifikasi*, perubahan produktivitas dan struktur komunitas bentik (Barg 1992).

Oleh karena itu, pola pendekatan kajian budidaya tambak udang vannamei harus didasarkan pada kemampuan daya dukung lingkungan perairan. Sisa pakan dan *feces* yang terbuang ke lingkungan perairan pesisir merupakan potensi sumber bahan organik, N dan P yang dapat mempengaruhi kelayakan kualitas air bagi kehidupan udang yang dibudidayakan. Sebagai akibatnya perlu dilakukan upaya untuk mengatasinya melalui pendugaan beban limbah organik yang berasal dari kegiatan budidaya udang. Beban limbah organik, N, dan P yang berasal dari sistem perikanan budidaya tambak udang merupakan komponen penting dalam menentukan daya dukung lingkungan.

Kapasitas asimilasi yang dikembangkan dari informasi beban limbah organik, kondisi oseanografi dan karakteristik biofisik perairan merupakan peubah penentu dalam menentukan daya dukung lingkungan perairan sebagai acuan optimasi alokasi sumberdaya perikanan budidaya yang bertanggungjawab meliputi alokasi lahan, kapasitas produksi, penerapan tingkat teknologi, dan pola penebaran. Permasalahan tersebut di atas dapat diminimalisasi dengan melakukan evaluasi pemanfaatan wilayah pesisir untuk pengembangan budidaya tambak udang, sehingga secara ekologi kualitas lingkungan tetap terjaga, secara ekonomi meningkatkan pendapatan masyarakat, dan secara sosial menyerap tenaga kerja dan diterima oleh masyarakat.

Dari pokok permasalahan di atas mendorong perlunya suatu analisis dari aspek ekologi perikanan budidaya sebagai dasar pengembangan yang berkelanjutan terkait dengan daya dukung kawasan atau wilayah pesisir itu

sendiri. Berkelanjutan secara ekologi, jika basis ketersediaan sumberdaya alamnya dapat dipelihara secara stabil dan pembuangan limbah tidak melebihi kapasitas asimilasi lingkungannya. Ahmad *et al* (2003), menyarankan bahwa 40 % tambak perlu dikonversi kembali menjadi kawasan mangrove guna mengembalikan fungsi mangrove sebagai Fitoremediasi. Dengan demikian perlu mencari teknologi yang tepat untuk lingkungan sekitar, agar masalah serangan penyakit dan gagal panen serta penurunan kualitas sumber daya akan teratasi dan berujung pada taraf hidup masyarakat pesisir pada umumnya dan pembudidya khususnya. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka ada beberapa hal yang perlu dikaji secara mendalam dan komprehensif.

Mengacu pada uraian di atas timbul permasalahan pokok yang perlu dijawab dan di kaji, maka penelitian yang akan dilaksanakn dapat dirumuskan :

1. Sejauh mana beban limbah organik yang dihasilkan dari kegiatan budidaya tambak udang (*internal loading*) yang sesuai dengan kemampuan asimilasi perairan pesisir.
2. Sejauh mana pola sebaran spasial bahan organik di wilayah pesisir pantai Kabupaten Lamongan dari kegiatan budidaya tambak udang vanname (*Litopenaeus vannamei*).
3. Dan sejauh mana pemanfaatan lahan tambak yang dapat dimanfaatkan untuk kegiatan budidaya tambak udang intensif jika dilihat dari aspek daya dukung lingkungan perairan pesisir yang menentukan keberlanjutan produktivitas budidaya tambak udang vanname yang ditinjau dari Sistem Informasi Geografis.

Dari fenomena diatas, diperlukan suatu evaluasi pemanfaatan lahan tambak dan kajian pengembangan budidaya tambak udang sebagai acuan

pembangunan perikanan budidaya berkelanjutan di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan.

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian di atas maka tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1 Menganalisis Beban limbah organik dari kegiatan budidaya tambak udang (*internal loading*) yang sesuai dengan kemampuan asimilasi perairan pesisir.
- 2 Mengetahui pola sebaran spasial bahan organik dari kegiatan budidaya tambak udang vanname (*Litopenaeus vannamei*) melalui analisis distribusi spasial bahan organik.
- 3 Mengestimasi pemanfaatan lahan tambak berdasarkan daya dukung lingkungan perairan pesisir yang ditinjau dari aspek ekologis untuk keberlanjutan kegiatan budidaya udang dengan pendekatan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG).

1.4. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Ilmu pengetahuan, dimana hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam pemanfaatan lahan tambak di wilayah pesisir secara rasional dan berkelanjutan
2. Pemerintah daerah terkait, sebagai rujukan dalam perencanaan, pengelolaan, pemanfaatan dan pengembangan sektor kelautan dan perikanan khususnya budidaya tambak udang vanname.
3. Pelaku utama pembudidaya, dalam memanfaatkan lokasi budidaya yang tepat dan representative serta peningkatan hasil produksi udang baik secara kualitas maupun kuantitas dalam menunjang pendapatan dan kesejahteraan

masyarakat perikanan pembudidaya udang vanname.

4. Bagi Penulis, dimana manfaat penelitian ini yaitu untuk mendapatkan pengetahuan dan evaluasi keilmuan serta aktualisasi teoritis melalui telaah ekologi.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Wilayah Pesisir dan Karakteristiknya

Wilayah pesisir secara ekologis adalah suatu wilayah peralihan antara ekosistem darat dan laut, dimana ke arah wilayah pesisir meliputi bagian daratan, baik kering maupun terendam air masih dipengaruhi oleh proses-proses kelautan, seperti pasang surut, angin laut, dan intrusi air laut. Sedangkan ke arah laut, wilayah pesisir meliputi perairan laut masih dipengaruhi oleh proses-proses alami seperti sedimentasi dan aliran air tawar (Beatly 1994; Dahuri *et al.*1996; Clark 1996). Di wilayah pesisir terdapat ekosistem yang saling terkait satu dengan yang lainnya. Ekosistem pesisir merupakan suatu unit tatanan interaksi antara organisme dengan lingkungannya dan secara bersama-sama menjalankan fungsinya masing-masing pada suatu tempat atau habitat (Odum 1971).

Salah satu bentuk keterkaitan antara ekosistem di wilayah pesisir dapat dilihat dari pergerakan air sungai, aliran limpasan (*run-off*), aliran air tanah (*ground water*) dengan berbagai materi yang terkandung di dalamnya (nutrien, sedimentasi, dan bahan pencemar) yang kesemuanya akan bermuara ke perairan pesisir. Selain itu, pola pergerakan massa air ini juga akan berperan dalam perpindahan biota perairan (plankton, ikan, udang) dan bahan pencemar dari satu lokasi ke lokasi lainnya (Bengen 2004).

Sebagai wilayah yang mempunyai karakteristik unik, maka faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh di wilayah pesisir seperti angin, gelombang, pasang surut, arus, serta faktor fisik dan kimia lainnya lebih bervariasi dibandingkan dengan ekosistem yang terdapat di laut lepas maupun yang terdapat di perairan darat. Karakteristik hidro-oseanografi yang sangat dinamis ini menjadikan

pengelolaan wilayah pesisir, baik untuk kepentingan perikanan budidaya, konstruksi, pariwisata, serta kegiatan lainnya, harus dikerjakan secara bijak dan hati-hati. Dalam suatu wilayah pesisir terdapat berbagai tipe atau unit lahan atau perairan yang mempunyai karakteristik serta sifat biogeofisik yang berbeda. Apabila dilihat dari persyaratan mengenai kualitas lingkungan, maka pembangunan di wilayah pesisir dapat dikelompokkan menjadi dua kegiatan pembangunan, yaitu : (i) kegiatan pembangunan yang memerlukan tingkat persyaratan kualitas perairan yang tinggi, seperti kegiatan pariwisata, tambak, serta kawasan konservasi dan; (ii) kegiatan pembangunan yang kurang atau tidak memerlukan persyaratan kualitas perairan yang tinggi, seperti kegiatan industri, transportasi serta kegiatan pertambangan.

2.2. Kriteria Kegunaan Lahan Pesisir

Penggunaan lahan pesisir diharapkan agar pengembangan dan pembangunan wilayah pesisir dapat diarahkan sesuai dengan sumber daya yang ada dan kondisi setempat. Kriteria untuk masing-masing kegiatan penggunaan lahan di wilayah pesisir dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Kegunaan Lahan Pesisir

Kegunaan /Parameter	Konservasi	Pemukiman	Wisata	Budidaya Tambak
Kemiringanan	0-8%	3-8%	0-2%	0-2%
Jenis tanah	Aluvial	Alluvial	Alluvial	Alluvial
Drainase	Tergenang	Tergenang	Tidak Tergenang	Tergenang
Aksesibilitas	-	Dekat Jalan	Dekat Jalan	Dekat Jalan
Salinitas	Air Asin	Air Tawar	Air Tawar	
Pasang Surut	1-3 meter	-	±1,2	2-3 m
Kecepatan Arus	-	-	-	-
Laju Pertambahan Penduduk	-	±1,15%	±1,2	-
Kepadatan Penduduk	-	±150 jiwa/ha	±150 jiwa/ha	50%

Sumber : DKP (2004)


2.3. Pemanfaatan Lahan Di Wilayah Pesisir

Pemanfaatan lahan di wilayah pesisir telah dilakukan untuk berbagai kepentingan, salah satunya pertambakan. Tambak merupakan sumberdaya buatan berbentuk petakan berisi air payau yang digunakan untuk memelihara ikan atau udang dan merupakan suatu ekosistem buatan manusia berbentuk lahan, dekat dengan pantai yang dibendung dengan pematang-pematang keliling sehingga membentuk sebuah kolam berisi air payau. Wilayah pesisir memiliki beraneka ragam sumberdaya yang memungkinkan pemanfaatannya secara berganda, pemanfaatan sumberdaya wilayah pesisir perlu dikelola dengan mempertimbangkan hubungan antar setiap sumberdaya dalam ekosistem wilayah pesisir atau memperhatikan ekosistem tersebut secara menyeluruh (Anggoro, 2002). Sementara Dahuri (2000), berpendapat bahwa dalam pemanfaatan kawasan lahan di wilayah pesisir perlu adanya perbaikan manajemen sumberdaya perikanan seperti pengembangan teknologi dan pengelolaan lahan secara tepat, optimal, efisien, dan berkelanjutan. Berkelanjutan berarti strategi yang diambil harus berdimensi jangka panjang yang berlanjut ke generasi berikutnya sedangkan efisien mempunyai indikasi ke arah cara yang lebih menguntungkan dari segi investasi (*cost*), secara optimal mempunyai relevansi ke arah tingkat pemanfaatan yang tidak sia-sia.

2.4. Pemanfaatan Lahan Untuk Budidaya Tambak Udang vanname

Udang vanamei (*L. vannamei*) merupakan udang asli perairan Amerika Latin yang beriklim sub tropis, hidupnya pada kedalaman sekitar 70 meter dan lebih aktif pada malam hari (*nocturnal*). Udang vanamei (*L. vannamei*) tersebar di bagian timur pantai Pasifik Amerika Tengah dan Selatan dari Mexico sampai Peru (Elovaara 2001; Rosenberry 2006), dimana daerah-daerah tersebut memiliki temperatur di atas 20 C° sepanjang tahun (Wyban and Sweeney 1991). Karena

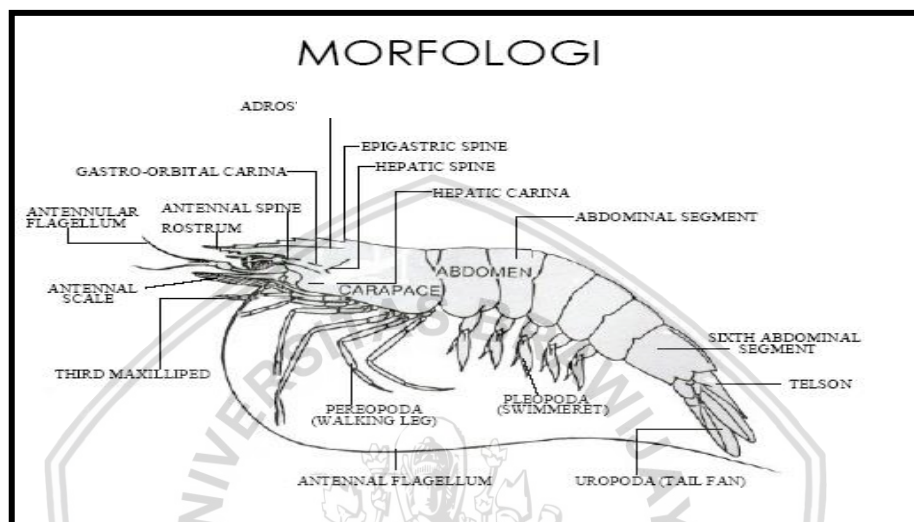
spesies ini relatif mudah dibudidayakan, maka udang ini telah tersebar keseluruh dunia. Negara-negara yang sudah lama membudidayakan udang vanamei adalah Ecuador, Brasil dan Meksiko, sedangkan di Indonesia baru mulai dibudidayakan sekitar tahun 2000. Udang vanamei dipasar internasional dikenal dengan nama *pacific white shrimp*. Udang vanamei masuk dalam famili *Penaeidae* yaitu jenis udang laut. Menurut Erlangga (2012), klasifikasi udang vaname (*Litopenaus vannamei*) yaitu :



Kingdom : Animalia
Subkingdom : Metazoa
Filum : Arthropoda
Kelas : Crustacea
Subkelas : Eumalacostraca
Superordo : Eucarida
Ordo : Decapoda
Subordo : Dendrobrachiata
Famili : Penaeidae
Genus : *Litopenaeus*
Spesies : *Litopenaeus vannamei*

Tubuh udang vannamei dibentuk oleh dua cabang (*biramous*) yaitu *exopodite* dan *endopodite*. Vannamei memiliki tubuh berbuku-buku dan aktifitas berganti kulit luar atau *exoskeleton* secara periodik (*moulting*). Kepala (*Chepalotorax*) udang vannamei terdiri dari antenula, antena, mandibula, dan dua pasang maxillae. Kepala udang vannamei juga dilengkapi dengan tiga pasang *maxiliped* dan lima pasang kaki jalan (*periopoda*). *Maxiliped* sudah mengalami modifikasi dan berfungsi sebagai organ untuk makan. Bentuk *periopoda* beruas – ruas yang berujung di bagian *dactylus*. *Dactylus* ada yang berbentuk capit (kaki 1,

2, dan 3) dan tanpa capit kaki 4 dan 5. Perut (*abdomen*) terdiri dari enam ruas. Pada bagian *abdomen* terdapat lima pasang kaki renang dan sepasang *uropoda* (mirip ekor) yang berbentuk kipas bersama-sama telson. Udang vannamei mempunyai *carapace* yang transparan, sehingga warna dari perkembangan ovarinya jelas terlihat. Morfologi udang vannamei dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Morfologi Udang Vannamei (Haliman dan Adijaya, 2005)

Udang vanamei (*L. vannamei*) memiliki banyak keunggulan sehingga banyak diminati untuk dibudidayakan. Keunggulan udang vaname (*L. vannamei*) diantaranya adalah pertumbuhannya cepat, tingkat kelangsungan hidup (*Survival Rate*) tinggi, *Feed Conversion Ratio (FCR)* rendah dan relatif tahan terhadap penyakit (Hendrajat *et al.*, 2007). Tingkat kelulushidupan udang vanamei berkisar 80-100% (Duraippah *et al.*, 2000), dan dapat mencapai 91% (Boyd dan Clay, 2002). Udang vanamei dengan tingkat kepadatan yang tinggi (100 ekor/m²) pertumbuhannya dapat mencapai lebih dari 3 g/minggu. Ukuran tubuh (panjang) maksimum dapat mencapai 23 cm serta dapat dibudidayakan dengan padat penebaran yang tinggi dalam upaya memaksimalkan produksi budidaya tambak. Di Indonesia, budidaya tambak udang dikategorikan pada tiga tingkatan sistem teknologi, yaitu: sistem ekstensif/tradisional, semi intensif, dan intensif. Tingkatan teknologi masing-masing sistem budidaya tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Sistem Budidaya Udang di Indonesia

Kegiatan	Intensif	Semi Intensif	Tradisional
Padat Tebar Kincir	80-125 ekor/m ² 3 kincir untuk 125.000 ekor	30 – 80 ekor /m ² 3 kincir untuk 125.000 ekor	<10 ekor /m ² 3 kincir untuk 125.000 ekor
Tinggi Air Persiapan Lahan	1-1,5 meter Angkat Lumpur Pengeringan Pengolahan Tanah Pemberantasan Hama Pemupukan	1-1,5 meter Angkat Lumpur Pengeringan Pengolahan Tanah Pengapuran Pemberantasan Hama Pemupukan	1-1,5 meter Pengeringan Pengolahan Tanah Pengapuran Pemberantasan Hama
Dasar Petakan Manajemen Kualitas Air	Semen / tanah Selalu diupayakan optimal beberapa meter kualitas air yang dianggap paling berpengaruh untuk dianalisa rutin : pH, Salinitas, PO ₄ , O ₂ , plankton dan NH ₄ serta parameter lain diukur saat diperlukan	Tanah Selalu diupayakan optimal, tetapi hanya beberapa parameter kualitas air yang dianggap paling berpengaruh untuk dianalisa rutin, pH, Salinitas, PO ₄ , NO ₂ , Plankton dan NH ₄ serta parameter lain diukur saat diperlukan	Tanah Hanya berdasarkan warna air yang terjadi kalau sudah pekat biasanya petani akan memasukkan air untuk sirkulasi
Strategi Pemberian Pakan	Dikontrol sangat ketat berdasarkan jam pakan dan kontrol anco dimana penambahan atau pengurangan dilakukan di per jam pakan	Dikontrol sangat ketat berdasarkan jam pakan dan kontrol anco dimana penambahan/ pengurangan pakan dilakukan perjam pakan	Setelah udang umur ± 1 bulan
Pembersihan Kotoran	Biasanya punya saluran buang di tengah dasar petakan dan setting kincir yang mendukung sehingga kotoran biasanya terkumpul di dasar tengah petakan selain <i>out let</i> yang bisa diatur untuk buang air atas dan bawah	Biasanya punya saluran buang di tengah dasar petakan dan setting kincir yang mendukung sehingga kotoran biasanya terkumpul di tengah dasar petakan	Hanya punya pintu <i>out let</i> sederhan untuk panen
Aktivitas Panen	Mudah dan bisa kapan saja	Mudah dan bisa kapan saja	Tergantung tinggi air sungai

Sumber : Sarwono, (2003)

Pada umumnya tambak di Indonesia yang dikelola dengan tidak menggunakan kincir, sedikit menggunakan pakan, serta menerapkan pemupukan sudah mampu memproduksi udang antara 500-750 kg/ha/ 4 bulan. Tambak yang dikelola dengan sistem tradisional ini akan memberikan kelangsungan produksi yang lebih lestari dibanding sistem intensif (Widigdo, 2002). Tambak intensif mempunyai target produksi antara 2-4 ton/ha, sedangkan untuk tambak semi intensif target produksinya antara 500-750 kg/ha.

2.5. Kelayakan Kualitas Air Untuk Kegiatan Budidaya Tambak Udang

Faktor lain yang harus diperhatikan dalam pemanfaatan lahan untuk budidaya tambak udang yaitu sumber air (debit air dan kualitasnya), amplitudo pasang surut, topografi dan iklim. Sumber air merupakan faktor utama sebagai media kehidupan udang dan tempat pertumbuhan plankton sebagai sumber makanan (Hardjowigeno, 2001). Ada dua alasan yang menjadikan kondisi kualitas perairan menjadi hal yang sangat penting untuk diperhatikan (Soewardi 2002), yaitu : (i) menciptakan kondisi lingkungan perairan tambak yang bersih dan nyaman bagi udang untuk tumbuh dan berkembang secara optimal guna mendukung keberhasilan pemeliharaan udang; (ii) untuk menghasilkan air buangan tambak dengan kualitas yang masih aman bagi ekosistem perairan pesisir atau masih dalam batas – batas yang diperbolehkan berdasarkan standar baku mutu air laut untuk kegiatan perikanan budidaya. Sumber air dapat ditinjau dari kualitas maupun kuantitas yang dipengaruhi oleh pola arus dan pasang surut. Widigdo (2001), menyatakan bahwa kuantitas air membantu proses mencerna limbah tambak yang diterima, semakin banyak kuantitas air, semakin tinggi kapasitas mencerna limbah. Kriteria kualitas air untuk kegiatan budidaya tambak dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria kualitas air untuk kegiatan budidaya tambak udang

No	Parameter	Nilai	
		Batas	Optimum
1	Suhu (°C)	21 - 32	29 - 30
2	Saliitas (ppt)	0 - 35	15 - 25
3	TSS (ppm)	25 - 500	25 - 80
4	Kecerahan (cm)	25 - 60	30 - 40
5	pH	6,5 - 8,5	7,5 - 8,5
6	Alkalinitas (ppm)	> 50	> 100
7	Kesadahan (ppm)	> 40	20 - 300
8	Oksigen terlarut (ppm)	> 2	≥ 3
10	NH ₃ -N (mg/l)	1,0	0
11	NO ₂ -N (mg/l)	0,25	0
12	Total Phosphate (ppm)	0.05 - 0.50	0,5
13	BOD ₅ (ppm)	< 25	< 25
14	COD (ppm)	40 - 80	< 40
15	H ₂ S (ppm)	0.001	0
16	Cu (ppm)	-	
17	Cd (ppm)	0.013 - 0.328	<0,01
18	Pb (ppm)	0.001 - 1.157	<0,01
19	Zn (ppm)	-	
20	Hg (ppm)	0.051 - 0.167	< 0,003
21	Fe (ppm)	0.03	0,01
22	Deterjen (ppm)	-	< 0,1
23	Organoclorin (ppm)	-	< 0,02

Sumber : Poernomo (1992); MenKLH (2004); Widigdo (2002); Soewardi (2002)

2.6. Konsep Pembangunan Berkelanjutan

Pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) adalah pembangunan untuk memenuhi kebutuhan hidup generasi saat ini tanpa merusak atau menurunkan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan hidupnya (WCED, 1987 diacu dalam DKP 2002). Sedangkan Menurut Palunsu (1997), pembangunan berkelanjutan mengandung 3 pengertian, yaitu: (1) memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan kebutuhan masa yang akan datang, (2) tidak melampaui daya dukung lingkungan, dan (3) mengoptimalkan manfaat sumberdaya alam dan sumberdaya manusia dengan menyelaraskan manusia dan pembangunan dengan sumberdaya alam.

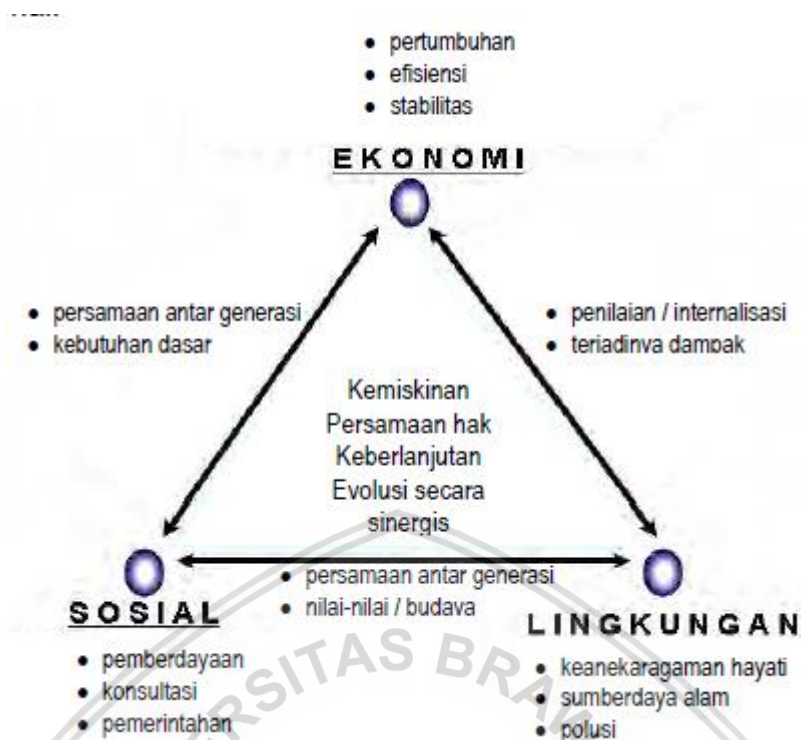
Pada dasarnya pembangunan berkelanjutan merupakan suatu strategi pembangunan yang memberikan semacam ambang batas pada laju ekosistem alamiah serta sumberdaya yang ada di dalamnya, dimana ambang ini tidak

bersifat mutlak akan tetapi merupakan batas yang luwes yang bergantung pada kondisi teknologi dan sosial ekonomi tentang pemanfaatan sumberdaya alam serta kemampuan biosfir untuk menerima dampak kegiatan manusia (Dahuri 1996). Pembangunan berkelanjutan berhubungan erat dengan pemanfaatan sumberdaya pesisir dan lautan secara berkesinambungan (*sustainability*), dimana ukuran *sustainability* dilihat dari sisi ekologis maupun ekonomis (Dahuri 2000).

Apabila dituangkan dalam konsep pengelolaan sumberdaya perikanan berkelanjutan, maka terdapat 4 (empat) aspek keberlanjutan (Charles 2001):

1. keberlanjutan ekologi, yaitu memelihara keberlanjutan stok/biomass sehingga tidak melewati daya dukungnya, serta meningkatkan kapasitas dan kualitas ekosistem
2. keberlanjutan sosio-ekonomi, yaitu memperhatikan keberlanjutan kesejahteraan pelaku perikanan pada tingkat individu, dimana mempertahankan atau mencapai tingkat kesejahteraan masyarakat yang lebih tinggi
3. keberlanjutan komunitas, yaitu memperhatikan keberlanjutan kesejahteraan komunitas masyarakat dalam pembangunan perikanan yang berkelanjutan.
4. keberlanjutan kelembagaan, yaitu menyangkut pemeliharaan aspek finansial dan administrasi yang sehat sebagai prasyarat ketiga pembangunan perikanan.

Munasinghe (1992), menggambarkan ada tiga aspek pembangunan berkelanjutan dalam suatu segitiga Mobius yang sisinya terdiri dari komponen ekonomi, lingkungan dan social. Keberlanjutan ekonomi adalah untuk memaksimumkan aliran pendapatan yang dapat dibangkitkan dalam pengelolaan dari stok modal yang menghasilkan *output* yang menguntungkan. Keberlanjutan lingkungan memfokuskan kepada segala sesuatu tentang kelangsungan hidup dan berfungsinya system alam secara normal. Lebih jelasnya segitiga Mobius dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Segitiga Mobius (Munasinghe, 1992)

Terdapat tiga komponen kunci dalam sistem perikanan berkelanjutan: (1) sistem alam yang mencakup ikan/udang, ekosistem, dan lingkungan biofisik; (2) sistem manusia yang mencakup nelayan, sektor pengolah, pengguna, komunitas perikanan, lingkungan sosial/ekonomi/budaya; dan (3) sistem pengelolaan perikanan yang mencakup perencanaan dan kebijakan perikanan, manajemen perikanan, pembangunan perikanan, dan penelitian perikanan (Charles, 2001). Sedangkan dari sistem perikanan budidaya, keberlanjutan ditentukan oleh beberapa aspek yaitu aspek teknologi (produksi), aspek sosial dan ekonomi, dan aspek lingkungan (Chung dan Kang 2000). Hampel dan Winther (1997) juga menyatakan bahwa untuk dapat melakukan pengembangan perikanan budidaya khususnya budidaya tambak udang secara berkelanjutan, maka aspek sosial, aspek lingkungan dan aspek teknologi harus menjadi perhatian yang utama.

2.7. Pengembangan Budidaya Tambak Udang di Wilayah Pesisir

Pengembangan budidaya tambak udang di wilayah pesisir sangat berpengaruh terhadap kondisi sumberdaya pesisir, sehingga kemampuan wilayah pesisir untuk menerima limbah dari kegiatan budidaya tambak udang harus selalu menjadi perhatian serius. Kesalahan dalam pengelolaan budidaya tambak udang akan mengakibatkan terjadinya penurunan mutu lingkungan sehingga akan mengancam kelestarian sumberdaya pesisir dan pada akhirnya dapat membahayakan pula kesinambungan kegiatan budidaya udang tersebut. Pada umumnya, isu utama dalam perencanaan pembangunan budidaya tambak udang yaitu: (i) teknologi yang tepat; (ii) meminimumkan dampak lingkungan; (iii) memperhatikan daya dukung lingkungan, (iv) meminimumkan penyakit; (v) memaksimalkan nilai produksi dan; (vi) mengurangi kemiskinan (Nautilus Consultants 2000).

Salah satu penyebab terjadinya penurunan kualitas lingkungan perairan pesisir adalah buangan limbah budidaya selama operasional yang mengandung bahan organik yang berkonsentrasi tinggi serta nutrien sebagai konsekuensi masukan akuainput dalam budidaya yang berasal dari sisa pakan dan *feces* yang kemudian terlarut dalam perairan (Johnsen *et al.* 1993; Buschman *et al.* 1996; McDonald *et al.* 1996; Boyd *et al.* 1998; Boyd 1999). Nitrogen dan fosfat yang masuk ke lingkungan perairan menjadi sangat penting untuk diperhatikan dalam sistem manajemen budidaya karena dapat menyebabkan terjadinya eutrofikasi (Gonzales *et al.* 1996; Horowitz dan Horowitz 2000; Montoya and Velasco 2000). Adanya masukan nutrien yang berlebih ke kolom air dapat meningkatkan konsentrasi nutrien serta terjadinya peledakan populasi fitoplankton.

Selain itu, tingginya kandungan bahan organik dalam perairan dapat juga menimbulkan peledakan populasi organisme *pathogen*. Penurunan kelayakan kualitas perairan sebagai dampak dari buangan limbah budidaya dapat

mempengaruhi kehidupan udang yang dibudidayakan dan bahkan dapat mengakibatkan kegagalan panen serta menurunnya fungsi produktivitas lahan budidaya (Golburg *et al.* 2001; Boyd 2003). Oleh karena itu, pengembangan budidaya tambak udang di wilayah pesisir harus ramah lingkungan. Menurut Soewardi (2007), kegiatan budidaya tambak udang yang ramah lingkungan adalah kegiatan budidaya tambak udang yang proses pembuatan dan proses produksinya dilakukan dengan cara tidak merusak lingkungan yaitu dengan memperhatikan aspek lingkungan, seperti adanya jalur hijau (*green belt*), adanya tandon buangan dan pemasukan air, perbandingan tambak udang dan jalur hijau (60%:40 %), serta tidak menggunakan obat – obatan antibiotika.

2.8. Beban Limbah Dari Budidaya Tambak Udang Serta Dampaknya

Limbah utama dari kegiatan budidaya tambak udang adalah bahan organik yang terutama berasal dari sisa – sisa pakan, kotoran, dan bahan – bahan terlarut. Limbah yang berupa organik pada umumnya terdiri dari protein, karbohidrat, dan lemak yang berasal dari sisa kotoran dan pakan yang sebagian larut dan sebagian lagi mengendap di dasar. Bahan organik tersebut ada yang bersifat mudah didegradasi secara biologi (*biodegradable*) dan ada yang sulit atau tidak dapat didegradasi secara biologis (*non biodegradable*) (Suryadiputra, 1995). Komposisi limbah tambak terdiri atas 77 % anorganik dan 22,1 % organik yang mengandung protein 65%, karbohidrat 25 % dan lemak 10 %. (Sugiharto 1987; Nurdjana dan Arifin 1997).

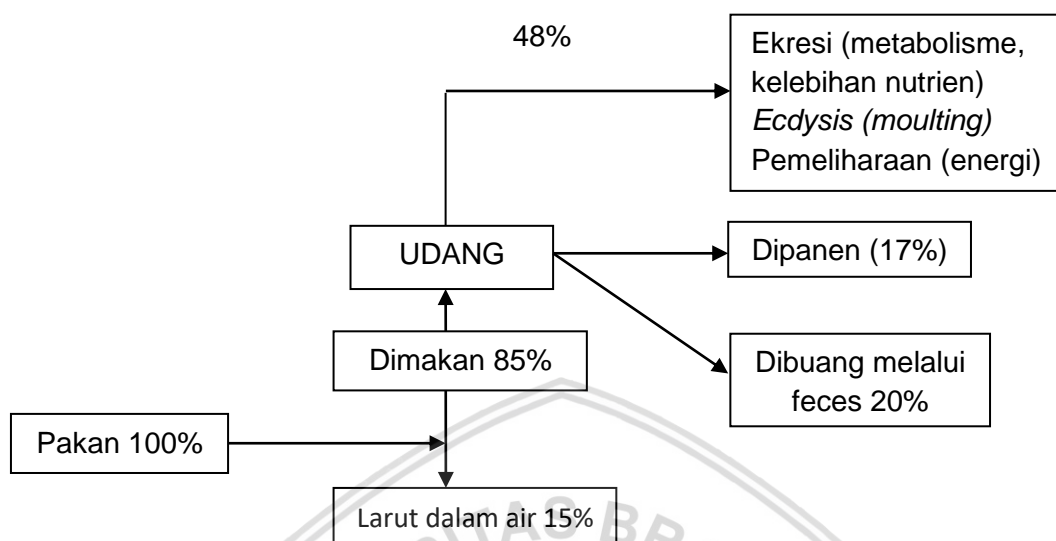
Bahan organik ini akan mengakibatkan laju produksi CO₂ dan senyawa toksit seperti NH₃ dan H₂S menjadi tinggi sehingga kondisi kualitas air tambak cepat menurun (Boyd 1999; Horowitz dan Horowitz 2000). Kandungan gas–gas ini dalam jumlah tertentu akan membahayakan kehidupan udang (organisme budidaya) serta dapat merangsang perkembangan (*blooming*) berbagai

mikroorganisme, penyakit udang (bakteri, jamur, dan virus). Kondisi ini pada akhirnya dapat menyebabkan kegagalan panen atau menurunnya produksi udang secara drastis (Bucher dan Ismail 1993). Bahan organik di dasar tambak akan meningkat seiring dengan masa pemeliharaan udang karena adanya penambahan dari hasil ekresi dan sisa pakan yang tidak dibuang seluruhnya ke luar tambak. Pemberian pakan (kering) dengan jumlah 2 (dua) kali lipat produk biomassa (basah), jika dihitung konversinya maka hanya 10–12 % yang dapat dipanen menjadi biomassa sedangkan 90 % lainnya terbang ke lingkungan (Nurdjana dan Arifin 1997).

Bahan organik yang mengandung protein ini akan diuraikan menjadi polipeptida, asam amino, dan *ammonia* sebagai hasil akhir yang menumpuk di dasar tambak. Rachmansyah (2001) dalam penelitiannya dengan menggunakan pakan 3.014 t/ha/mt, mendapatkan produksi limbah budidaya dari tambak berupa bahan organik sebesar 1.929 kg /ha/MT, 0.2547 kg N/ha/MT dan 0.0663 kg P/ha/MT. Kandungan total fosfat dan total nitrogen sebagai produk samping (limbah) budidaya udang yang dibuang ke lingkungan dipengaruhi oleh faktor jumlah pakan yang dikonsumsi (efisiensi pakan), jumlah pakan yang tidak dikonsumsi, jumlah *feces*, produksi biomassa udang, retensi fosfat dan nitrogen dalam udang, kandungan fosfat dan nitrogen dalam pakan, volume air tambak dan persentase pergantian air harian, dan laju pertumbuhan (Haris 2000).

Hasil monitoring yang dilakukan oleh Primavera (1994) terhadap tambak udang intensif menyebutkan bahwa 15 % dari pakan yang diberikan akan larut dalam air, sementara 85 % yang dimakan, sebagian besar juga akan dikembalikan lagi ke lingkungan dalam bentuk limbah. Hanya 17 % dari jumlah pakan yang diberikan dikonversikan menjadi daging udang, 45 % terbang dalam bentuk ekskresi (metabolisme, kelebihan nutrisi), *ecdysis (moulting)* dan pemeliharaan

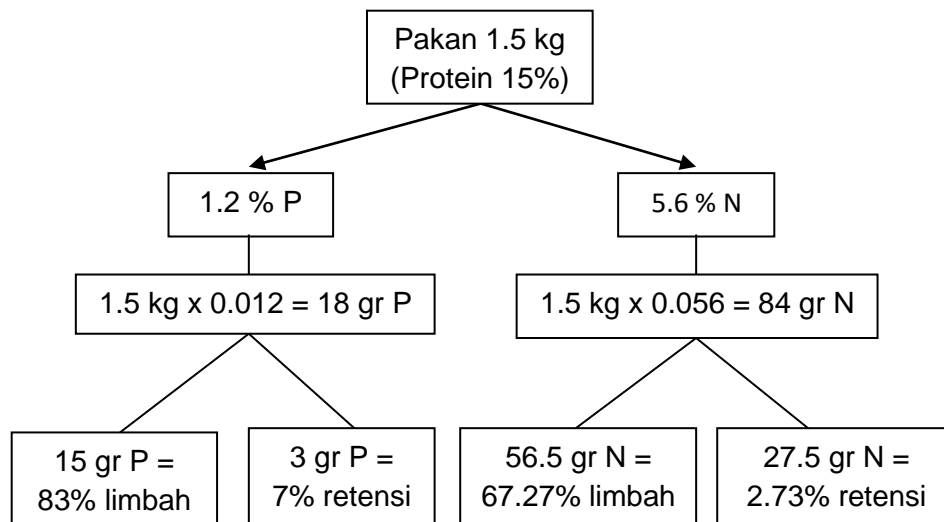
(energi) dan 20 % dari pakan yang diberikan dikembalikan ke lingkungan dalam bentuk limbah padat berupa *feces* (Gambar 3).



Gambar 3. Alur Pakan udang didalam Tambak Udang Intensif (Primavera dan Apud, 1999)

Selanjutnya Boyd (1999) mengatakan bahwa apabila pakan yang diberikan bermutu baik dengan kadar protein 35 % (kandungan N dan P dalam pakan masing – masing 84 gr dan 18 gr), dapat menghasilkan *food convention ratio* (FCR) sebesar 1.5 artinya bahwa untuk menghasilkan 1 kg udang diperlukan 1.5 kg pakan. Dalam kondisi ini, hanya sekitar 27.5 gr N dan 3 gr P yang akan dikonversi menjadi daging udang dan sekitar 56.6 gr N dan 15 gr P akan terbuang ke lingkungan perairan. Beban limbah yang terbuang ke lingkungan perairan dalam bentuk N dan P sangat ditentukan oleh kapasitas produksi tambak, dimana semakin tinggi produksi tambak per satuan luas (kg/ha), maka akan semakin besar limbah N dan P yang terbuang ke lingkungan perairan (Gambar 4).

Limbah hasil budidaya yang masuk ke lingkungan perairan akan mengalami proses dekomposisi oleh bakteri, dimana oksigen merupakan kebutuhan bakteri untuk mendekomposisi limbah tersebut (Willioghby 1968, diacu dalam Meade 1989; Wedmeyer 1996; Boyd 1999).



Gamba 4. Alur Pakan Udang dan Limbah Nutrien (N dan P) Budidaya Udang Intensif (Boyd, 1999)

Kibria *et al.* (1996) menyatakan terdapat hubungan linier yang positif antara laju kehilangan fosfor per ton ikan *silver perch* (*Bidayus bidyus*) dengan *food conversion ratio* (FCR). Karena itu, perbaikan FCR sangat penting untuk mereduksi beban limbah P dari sistem akuakultur ke dalam perairan. Kehilangan P yang utama adalah yang bersumber dari *feces* dan pakan yang tidak termakan. Akan tetapi, pelepasan P tersebut ke dalam lingkungan perairan tergantung pada karakteristik fisika-kimia perairan seperti pH, temperatur, oksigen, turbulensi dan aktivitas mikroba, dimana semakin rendah pH air maka kehilangan P semakin besar (Persson 1988, diacu dalam Kibria *et al.* 1996).

Pengkayaan materi organik di perairan pesisir akan menstimulasi aktivitas mikroba yang memerlukan oksigen sehingga dapat menimbulkan deoxygenasi pada substrat dan kolom air, akibat adanya pengurangan konsentrasi intersial oksigen dan meningkatnya konsumsi oksigen, meningkatnya reduksi sulfat, meningkatkan denitrifikasi serta meningkatnya pelepasan nutrien inorganik seperti nitrat, nitrit, ammonium, silikat, dan fosfat (Barg 1992; Buchhman *et al.* 1996; Mc.Donald *et al.* 1996). Limbah nutrien dan organik baik dalam bentuk terlarut

maupun partikel yang berasal dari pakan yang tidak termakan serta ekskresi, umumnya dikarakteristikasi oleh peningkatan total suspended solid (TSS), BOD, COD, dan kandungan C, N, dan P (Barg 1992).

Luas wilayah dampak pengkayaan nutrien tergantung pada karakteristik produksi budidaya, kedalaman badan air, topografi dasar perairan, kecepatan arus, dan angin yang akan menentukan penyebaran pengendapan partikel, input organik dan redistribusi limbah (Barg 1992; Silvert 1992; Johnsen *et al.* 1993). Buangan limbah akuakultur dan *hatchery* dapat mendegradasi kualitas perairan jika mengandung konsentrasi TP 0.15 ppm (Waren-Hakanson diacu dalam Kibria *et al.* 1996) dan 0.1 ppm terlarut (Alabaster 1982, diacu dalam Kibria *et al.* 1996), cenderung dapat menimbulkan proses eutrofikasi badan air yang menerima beban limbah dari sistem budidaya. Menurut Subandar (2000) komponen utama yang menentukan beban limbah N dan P dalam sistem budidaya udang bersumber dari pakan, penggantian air, pemupukan dan benur (bibit).

Limbah yang bersumber dari pakan sekitar 6% N dan 1.3% P, pada sistem budidaya semi-intensif dengan jumlah pakan 3000 kg/ha/MT menghasilkan N sekitar 162 kg/ha/MT dan 35.1 kg/ha/MT. Komunitas indigeneus yang mampu memanfaatkan relung yang ada yang dapat diintegrasikan dalam satu kawasan, memiliki kemampuan untuk mengasimilasi dan mineralisasi limbah organik, diduga sangat penting peranannya dalam meminimasi dampak lingkungan perairan pesisir (Barg 1992; Silvert 1992; Shpigel *et al.* 1993; Buschman *et al.* 1996; Troel *et al.* 1999). Dampak lingkungan yang diakibatkan oleh pengembangan perikanan budidaya udang tergantung pada praktek budidaya udang yang dilakukan, besarnya luasan usaha yang dilakukan, tingkat teknologi, beban limbah alami maupun limbah budidaya yang dihasilkan, volume badan air, laju pergantian

(flushing rate), serta karakteristik lain dari badan air (Phillips 1985; Cornel and Whoriskey 1993).

2.9. Kemampuan Perairan Pesisir Dalam Mengencerkan Limbah

Sebagai penerima limbah baik limbah yang berasal dari daratan (*up land*) maupun dari wilayah pesisir itu sendiri, maka kondisi suatu perairan pesisir sangat ditentukan oleh besarnya beban limbah yang diterima baik kualitas maupun kuantitasnya. Sumber limbah yang masuk ke lingkungan perairan pesisir secara garis besar dikelompokkan menjadi tujuh sumber, yaitu : (i) industri; (ii) limbah rumah tangga; (iii) pertambangan; (iv) pelayaran; (v) pertanian; (vi) perikanan ; dan (vii) peternakan (Dahuri 1998; Damar 2004). Bahan pencemar utama yang terkandung dalam buangan limbah tersebut berupa unsur hara (nutrien), sedimen, logam berat, pestisida, organisme *patoghen*, organisme eksotik, sampah dan bahan – bahan yang menyebabkan *oxygen* terlarut berkurang (*oxygen depleting substances*).

Limbah yang masuk ke perairan pesisir, sifat dan kondisinya ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu : (i) pengenceran dan turbulensi oleh arus melalui proses fisik dan kimiawi dengan cara absorpsi, pengendapan didasar perairan serta pertukaran ion; (ii) proses biologis dengan cara diserap oleh ikan, plankton nabati atau ganggang laut serta ; (iii) terbawa langsung oleh arus (Romimohtarto dan Juwana 1991). Bahan pencemar akan mengalami pengenceran setelah memasuki perairan dan secara simultan proses-proses lainnya akan mengangkut bahan pencemar lain menjauh serta akan mempengaruhi parameter kimia dan biologi perairan (Dahuri 1998). Secara langsung maupun tidak langsung dampak limbah terhadap perikanan yaitu menurunnya jumlah populasi organisme, kerusakan habitat serta lingkungan perairan sebagai media hidupnya (Clark 1996).

Dalam kegiatan perikanan budidaya, kondisi yang paling berpengaruh adalah terjadinya penurunan kandungan oksigen terlarut yang merupakan faktor pembatas bagi kehidupan biota perairan serta terjadinya eutrofikasi akibat pengkayaan nutrien (N dan P) yang menyebabkan terganggunya proses ekologis perairan serta nilai guna perairan untuk kegiatan budidaya (Damar 2004). Kemampuan perairan pesisir dalam mengencerkan limbah selain sangat ditentukan oleh jumlah beban limbah yang masuk ke lingkungan perairan pesisir, juga ditentukan oleh faktor- faktor yang mendukung kemampuan asimilasi tersebut yaitu faktor hidro-oseanografi (arus, pasang surut, batimetri) serta volume air penerima limbah.

Apabila limbah yang masuk atau dibuang ke lingkungan perairan pesisir telah melampaui kemampuan asimilasi atau daya dukung lingkungan perairan maka akan berdampak terhadap berubahnya fungsi ekologis perairan pesisir. Menurut Soewardi (2002), kemampuan pengenceran perairan pesisir terhadap limbah dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : (1) tingkat pencemaran perairan pesisir; (2) volume air laut yang tersedia di pantai yang dipengaruhi oleh frekuensi pasang surut, ketinggian pasang surut, dan kelandaian dasar pantai, dan ; (3) besar beban limbah yang masuk. Tingkat pencemaran perairan pesisir yang masih rendah atau tercemar ringan mempunyai daya pengenceran yang lebih tinggi terhadap limbah dibandingkan dengan perairan yang tingkat pencemarannya tinggi. Tingkat pencemaran perairan dapat ditentukan melalui parameter fisika, kimia, dan biologi (Manahan 2002).

Faktor lain yang mempengaruhi kemampuan pengenceran perairan pesisir adalah ketersediaan volume air laut, dalam hal ini volume air laut yang masuk ke pantai pada saat pasang surut. Alison (1981, diacu dalam Widigdo 2002) mengatakan bahwa agar kualitas perairan masih tetap layak untuk budidaya,

maka perairan penerima limbah cair kegiatan budidaya harus memiliki volume 60 – 100 kali lipat dari volume limbah yang dibuang ke perairan umum tersebut. Kapasitas daya tampung perairan penerima limbah berbanding lurus dengan kualitas dan kuantitas perairan. Jika perairan yang akan digunakan untuk pertambakan telah memenuhi persyaratan kualitatif, maka kuantitas perairan penerima akan menjadi faktor penentu berapa banyak limbah yang dapat diterima oleh badan perairan agar kualitas perairan masih layak digunakan untuk kegiatan budidaya secara berkelanjutan (Widigdo 2002).

2.10. Daya Dukung Lingkungan Pesisir

Permasalahan utama dalam pengelolaan wilayah pesisir adalah pencemaran, *overfishing*, erosi dan sedimentasi pantai, kepunahan jenis dan konflik penggunaan ruang, akibat tingginya tekanan lingkungan yang ditimbulkan oleh penduduk beserta segenap kiprah kehidupan dan pembangunannya terhadap lingkungan wilayah pesisir yang memiliki kemampuan terbatas (Dahuri 2003). Karena itu, setiap aktivitas pemanfaatan di wilayah pesisir harus benar – benar memperhatikan aspek daya dukung lingkungan. Daya dukung lingkungan adalah nilai mutu suatu lingkungan yang ditimbulkan oleh semua unsur atau komponen (fisika, kimia dan biologi) dalam satu kesatuan ekosistem (Poernomo 1997).

Apabila diterapkan sebagai daya dukung lingkungan perairan pesisir menjadi kemampuan kolom air dalam menerima beban limbah organik, termasuk didalamnya adalah kemampuan untuk mendaur ulang atau mengasimilasi beban limbah tersebut sehingga tidak mencemari lingkungan perairan pesisir (Widigdo, 2000). Kemampuan kolom air untuk menerima beban limbah ditentukan oleh kemampuan pengenceran (*flushing*) dan kapasitas asimilasi (purifikasi) perairan pesisir. Jika beban limbah yang masuk ke lingkungan perairan pesisir melampaui

kapasitas asimilasi dan kemampuan pengenceran (*flushing*) kolom air, maka dapat dikatakan perairan pesisir akan menjadi tercemar.

Pada dasarnya konsep daya dukung mengacu pada pemikiran bahwa lingkungan memiliki kapasitas maksimum untuk mendukung suatu pertumbuhan organisme (Bengen 2002). Faktor penentu daya dukung lingkungan perairan pesisir adalah (Rompas 1998): (1) kualitas air perairan pesisir; (2) dinamika perairan; (3) tingkat kesuburan perairan (oligotrofik, mesotrofik, atau eutrofik); (4) beban limbah; (5) jenis dan jumlah mikroba dan; (6) aktivitas manusia di pesisir. Karena itu, pengukuran kualitas air perairan pesisir penerima limbah atau tingkat pencemarannya sangat penting untuk memperkirakan level pengenceran dan kemampuan asimilasinya, apakah sudah berada pada level rendah (tingkat pencemaran tinggi) atau masih pada level tinggi (tingkat pencemaran rendah). Kechington dan Hudson (1984) mendefinisikan daya dukung (*carrying capacity*) sebagai jumlah kuantitas maksimum organisme budidaya yang didukung oleh suatu badan air dalam jangka waktu panjang.

Daya dukung (*carrying capacity*) didefinisikan juga sebagai kemampuan suatu ekosistem pesisir untuk menerima sejumlah limbah tertentu sebelum ada indikasi terjadinya kerusakan lingkungan (Krom 1986; Quano 1993; Turner 1988). Daya dukung lingkungan erat kaitannya dengan kapasitas asimilasi lingkungan yang menggambarkan jumlah limbah yang dapat dibuang ke dalam lingkungan tanpa menyebabkan polusi (UNEP 1993). Kemampuan asimilasi perairan pesisir untuk menerima limbah sangat dipengaruhi oleh laju pengenceran (*flushing time*), volume air yang tersedia di perairan pesisir, dan beban limbah yang masuk ke lingkungan perairan pesisir (Gowen *et al.* 1989, diacu dalam Barg 1992). *Flushing time* didefinisikan sebagai rata – rata waktu tinggal suatu partikel di dalam badan air yang dicirikan oleh efektivitas perpindahan polutan sehingga lingkungan

menjadi bersih (Lee *et al.* 2000; Gou *et al.* 2000; Gregory *et al.* 2003). Daya dukung merupakan *ultimate constraint* yang dihadapkan pada biota oleh adanya keterbatasan lingkungan seperti ketersediaan makanan, ruang atau tempat berpijah, penyakit, siklus predator, temperatur, cahaya matahari, atau salinitas (Dahuri, 2002).

Menurut Dahuri (2003), daya dukung kawasan sangat ditentukan oleh : (1) kondisi biogeofisik kawasan, dan (2) permintaan manusia akan sumberdaya alam dan jasa-jasa lingkungan untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Karena itu, daya dukung kawasan ditentukan dengan menganalisis: (1) kondisi biogeofisik yang menyusun kemampuan kawasan pesisir dalam memproduksi/menyediakan sumberdaya alam dan jasa-jasa lingkungan, dan (2) kondisi sosial ekonomi budaya dalam memenuhi kebutuhan manusia yang tinggal di dalam kawasan atau di luar kawasan pesisir, tetapi berpengaruh terhadap kawasan pesisir akan sumberdaya alam dan jasa-jasa lingkungan. Pada akhirnya, daya dukung kawasan). akan menentukan kelangkaan sumberdaya alam vital dan jasa lingkungan yang dibutuhkan oleh manusia dan organisme yang mendiami kawasan tersebut.

Penentuan daya dukung lahan untuk budidaya udang ditentukan oleh mutu tanah, sumber air (tawar dan asin), pasang surut, topografi (tipe pantai dan elevasi) serta klimatologi (Nautilus Consultants, 2000). Faktor pembatas dalam pada luasan areal dengan tingkat teknologi tertentu yang masih mungkin diproduksi secara aman, lestari dan menguntungkan yang akan berpengaruh terhadap produktivitas tambak. Beberapa parameter yang dijadikan tolak ukur dalam menentukan daya dukung lahan antara lain :

a. Kualitas Tanah

Tekstur tanah menunjukkan kualitas dari tanah itu sendiri, dan dapat ditujukan oleh sebaran butiran tanah ada tidaknya pirit dan gambut di lokasi tambak (Mustafa *et al.*, 2007)

b. Hidro-oceanografi

Penilaian hidro-oceanografi meliputi : Tipe pantai, garis, pasang surut serta parameter hidrologi lainnya. Sifat pasang surut lkal yang menunjukkan pasang surut tertinggi (HHWL atau *Highest High Water Level*), rerata pasang (MHWL atau *Mean High Water Level*), muka air surut atau terendah (LLWL atau *Lowest Low High Level*) dan rerata surut terendah (MLWL atau *Mean Low Water Level*), (Dinas Hidro-Oceanografi, 2006)

c. Kondisi Hedrologi

Kondisi hidrologi yang perlu diperhatikan adalah kondisi air laut atau pantai (pantai terbuka, teluk, selat), sungai, anak sungai, saluran irigasi, sumur air tawar atau air asin, termasuk debitnya pada musim hujan dan kemarau, kecepatan dan kekuatan arus, (Dinas Hidro-Oceanografi, 2006)

d. Kondisi Iklim

Kondisi iklim meliputi : curah hujan, suhu dan arah kecepatan angin, kecepatan pengapan dan kisaran musim terutama yang berkenaan dengan jumlah hari hujan atau bulan basah serta jumlah hari matahari bersinar. Umumnya semakin sedikit turun hujan maka akan semakin baik, sepanjang surutnya ideal dan pasokan air tawar dari sungai cukup memadai. Hujan merupakan faktor terpenting yang mempengaruhi operasional budidaya tambak, (Dinas-Oceanografi, 2006).

e. Lahan Konservasi

Lebar lahan konservasi yang tersedia berkisar antara 50 m – 300 m. Lahan ini sangat memungkinkan sebagai kawasan penyangga dalam pelestarian lingkungan (Mustafa *et al.*, 2007).

2.11. Evaluasi Pemanfaatan Lahan

Evaluasi pemanfaatan lahan dilakukan dengan cara membandingkan persyaratan penggunaan lahan dengan kualitas (karakteristik) lahan yang ada, sehingga lahan tersebut dapat dinilai apakah masih layak atau tidak layak untuk pengembangan pemanfaatan lahan yang dimaksud (Hardjowigeno, 2003). Evaluasi pemanfaatan lahan tambak merupakan suatu pendekatan atau cara untuk menilai potensi pemanfaatan lahan yang digunakan untuk budidaya tambak. Hasil evaluasi dari pemanfaatan lahan akan memberikan informasi dan arahan penggunaan lahan yang diperlukan untuk pengembangan budidaya tambak udang disekitar wilayah tersebut.

Beberapa sistem evaluasi lahan yang telah banyak dikembangkan dengan berbagai pendekatan yaitu sistem perkalian parameter, penjumlahan, sistem *matching* atau mencocokkan antara kualitas lahan (*Land Qualities*) serta sifat-sifat lahan (*Land Characteristic*). Klasifikasi lahan digunakan untuk pemanfaatan lahan bersifat umum (dalam arti luas), sedangkan klasifikasi kelayakan lahan digunakan untuk pengembangan lahan yang lebih bersifat khusus, agar dalam pendugaan dan perbandingan lokasi yang di survei (dievaluasi) memberikan informasi atau data, baik secara primer maupun secara sekunder ataupun secara spasial maupun temporal dengan segala faktor-faktor yang ada.

2.12. Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem informasi geografis (SIG) dapat digunakan dalam aplikasi manajemen sumberdaya di wilayah pesisir. Sistem informasi geografis (SIG) mempunyai kemampuan memberikan gambaran secara bersamaan dari berbagai faktor yang kompleks dengan proses tumpang susun (*overlay operation*) (Aronoff 1989; Esri 1990; Prahasta 2001; Radiarta *et al.* 2003). Sistem informasi geografis (SIG) dapat memudahkan dalam melakukan analisis keruangan (*spasial analysis*) dan pemantauan terhadap perubahan lingkungan wilayah pesisir. Kemampuan sistem informasi geografis (SIG) dalam analisis keruangan dan pemantauan dapat digunakan untuk mempercepat dan mempermudah penataan ruang (pemetaan potensi) sumberdaya wilayah pesisir yang sesuai dengan daya dukung lingkungannya (Maguire 1999; Barus dan Wiradisastra 2000).

Proses pengembangan kawasan untuk kegiatan budidaya udang dapat dilakukan dengan menggunakan operasi spasial dengan pendekatan SIG (Syofyan *et al.*, 2010). Operasi ini merupakan sistem pengolahan data yang dapat mengolah data-data geografis atau data-data yang memiliki informasi bersifat keruangan atau spasial yang dihubungkan satu sama lain sehingga didapatkan informasi baru (Setianingrum *et al.*, 2014). Citra adalah gambar dua dimensi tentang suatu obyek dari pandangan nyata. Citra dapat berbentuk analog atau digital. Data citra terdiri dari format grid secara reguler yang disebut data raster, yang terdiri dari baris (*row*) dan kolom (*column*). Didalam data raster terdapat element yang kecil yang dinamakan pixel (*picture element*) dengan informasi koordinatnya (*row* dan *column*) dan nilai spektral dalam bentuk angka (*Digital Number*). Tiap pixel dalam bentuk dua dimensi, yang menggambarkan nilai intensitas, lokasi dan wilayah permukaan bumi. Nilai intensitas merupakan gambaran yang diberikan oleh sensor. Intensitas piksel disimpan dalam bentuk

nilai digital (Kangkan, 2006). Secara umum terdapat dua jenis data yang dapat dipergunakan untuk mempresentasikan atau memodelkan fenomena-fenomena yang terdapat di dunia nyata. Pertama adalah jenis data yang mempresentasikan aspek-aspek keruangan dari fenomena yang bersangkutan. Jenis data ini sering disebut posisi, koordinat, spasial atau ruang. Kedua adalah jenis data yang mempresentasikan aspek-aspek deskriptif dari fenomena yang dimodelkan. Jenis ini mencakup items atau properties dari fenomena yang bersangkutan hingga dimensi waktunya. Data ini sering disebut non spasial (Prahasta, 2002).

Pengolahan data citra digital memerlukan komputer untuk memanipulasi data citra yang disimpan dalam format digital. Tujuan dari pengolahan data citra adalah meningkatkan arti dari data geografi agar lebih bermanfaat, penuh dengan informasi. Surfer adalah salah satu piranti lunak yang dipergunakan untuk pembuatan peta kontur dan pemodelan tiga dimensi yang berdasarkan pada grid (Budiyanto, 2005). Dengan surfer, dapat mengolah data koordinat yang tidak beraturan menjadi lembaran segi empat (*grid*) yang lebih sempurna. Surfer dapat menganalisis secara spasial data dengan cara memadukan beberapa data dan informasi tentang budidaya dalam bentuk lapisan atau layer yang nantinya dapat ditumpang susun (*overlay*) pada data lain, sehingga menghasilkan keluaran baru dalam bentuk peta tematik kesesuaian lahan.

Overlay pada peta kontur menurut Budiyanto (2005) adalah menampilkan sebuah peta dengan sebuah data raster, atau sebuah peta kontur dengan model tiga dimensi. *Overlay* ini memudahkan analisis sebuah wilayah dalam kaitannya dengan kontur atau morfologi lahan tersebut. Proses operasi tumpang susun dikenal metode *weighted overlay* merupakan sebuah teknik untuk menerapkan sebuah skala penilaian untuk membedakan dan menyamakan *input* menjadi sebuah analisa yang terintegrasi dengan memberikan pertimbangan terhadap faktor atau kriteria yang ditentukan dalam sebuah proses pemilihan kesesuaian

(ESRI, 2002). Menurut Prahasta (2001) untuk proses analisis spasial dalam SIG dapat digunakan beberapa teknik analisis yaitu:

1. *Overlay* peta atau tumpang susun; dilakukan dengan menggabungkan dua peta atau lebih dalam satu cakupan wilayah yang sama, sehingga menghasilkan suatu peta sintesis.
2. *Buffer zone*; analisis ini digunakan untuk menentukan kawasan penyangga dari suatu wilayah, garis/koridor atau nodal.
3. Perhitungan matematis atau permodelan; perhitungan matematis dalam SIG dilakukan untuk mendapatkan peta hasil sesuai dengan kriteria yang diinginkan dalam bentuk keruangan. Dalam perhitungan matematis ini digunakan metode logika matematis (*math logic*). Bentuk data dikodifikasi dalam tabulasi data spasial dalam DBMS yang kemudian diberi kriteria yang diinginkan.
4. Interpolasi; prosedur untuk menduga nilai yang tidak diketahui menggunakan nilai-nilai yang diketahui yang terletak disekitarnya. Titik titik yang disekitarnya mungkin tersusun secara teratur maupun tidak teratur. Kualitas hasil interpolasi tergantung dari keakuratan, bilangan, dan penyebaran dari titik yang diketahui dan bagaimana fungsi matematika yang dipakai untuk menduga model. Model-model yang didapat menghasilkan nilai-nilai yang masuk akal.

Data yang digunakan untuk analisis SIG harus dilengkapi dengan informasi posisi geografis (lintang dan bujur). Database yang telah dibuat akan memudahkan dalam melakukan analisis dalam SIG. Data yang dihasilkan dari pengukuran parameter lingkungan nantinya akan dibentuk suatu *layer* yang akan dimasukan dalam dalam peta dasar yang telah tersedia. Data parameter lingkungan yang dikumpulkan tersebut berbentuk titik, sehingga untuk dapat melakukan analisis antar *layer*, data-data tersebut terlebih dahulu dilakukan interpolasi sehingga nantinya data akan berbentuk area atau poligon (Charter dan Agtrisari, 2003).

7. KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian Evaluasi Pemanfaatan Lahan Tambak dan Kajian Distribusi Spasial Bahan Organi di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Beban limbah organik yang dihasilkan dari kegiatan budidaya tambak udang (*internal loading*) di Kecamatan Paciran dalam bentuk TSS yang dibuang dan masuk ke lingkungan perairan pesisir selama satu musim tanam (MT) persatuan luas (ha) sebesar 9622.915 kg TSS/ha. Sedangkan di Kecamatan Brondong beban limbah organik yang dihasilkan sebesar 2400.472 kg TSS/ha.
2. Kemampuan daya dukung limbah organik yang dapat ditampung oleh perairan pesisir Kabupaten Lamongan sebesar 636 947.19 kg limbah organik/hari. Sedangkan kapasitas oksigen yang tersedia di diperairan pantai untuk menguraikan limbah organik di perairan pesisir sebesar 127 349, 53 kg O_2 /hari
3. Luas lahan tambak udang pada kondisi daya dukung lingkungan sebesar 268 ha di Kecamatan Brondong (130 ekor/m²) sedangkan di Kecamatan Paciran 33.90 ha (60 ekor/m²)
4. Distribusi spasial bahan organik di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan yang ditinjau dari 10 parameter yaitu BOD, COD, BOT, Nitrat, Nitrit, Fosfat, TSS, Nitrat, Nitrit, Oksigen terlarut. Pola Sebaran spasial bahan organik paling tinggi adalah COD dan BOD.
5. Berdasarkan kondisi fisik perairan pesisir Kabupaten Lamongan, beban limbah organik yang mampu diasimilasi sebesar 603 669.98 kg/hari, sehingga

luas tambak udang yang dapat dikembangkan yaitu tambak udang intensif (130 ekor/m^2) seluas 65.61 ha dengan daya dukung produksi sebesar 1246.59 ton udang/MT. Sedangkan jika hanya dikembangkan tambak udang intensif (60 ekor/m^2) seluas 251.52 ha dengan daya dukung produksi sebesar 1509.12 ton udang/MT.

7.2. Saran

Saran yang dapat diberikan dari evaluasi pemanfaatan lahan tambak di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan adalah:

1. Perlu adanya perbaikan manajemen sumberdaya perikanan seperti; pengembangan teknologi dan pengelolaan budidaya tambak udang secara tepat, agar pengembangan kedepan di wilayah pesisir dapat berjalan secara efisien dan berkelanjutan sehingga bentuk dari pemanfaatan lahan tambak untuk kegiatan budidaya udang vanname (*Litopenaeus vannamei*) tersebut tidak mencemari perairan pantai di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan.
2. Perlunya melakukan analisis mengenai dampak lingkungan (AMDAL) apabila dilakukan pengembangan areal pertambakan baik intensif maupun semi intensif agar limbah diperairan dapat dikendalikan dengan mengurangi padat tebar udang, sehingga pakan yang diberikan juga sesuai dengan limbah tambak yang keluar lingkungan.
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terkait analisis limbah yang bersumber dari kegiatan lain selain tambak udang (*external loading*) di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan seperti limbah rumah tangga, pemukiman, erosi lahan, peternakan serta berapa lama waktu degradasi limbah organik yang bersumber dari *Internal Loading* maupun *External Loading*.

DAFTAR PUSTAKA

- AhmadT. 1991. *Pengelolaan Peubah Mutu Air Yang Penting Dalam Tambak Udang Intensif*. Direktorat Jenderal Perikanan Bekerja Sama Dengan International Development Research Center. Infish Manual Seri No. 25
- Anggoro, S. 2000. *Tinjauan Aspek Ekologis Dalam Menjamin Usaha Perikanan Yang Berkelanjutan*. Disampaikan Dalam Seminar Nasional Perikanan di Semarang, 4 Mei 2000.
- Anwar A. 2001. *Usaha Membangun Aset-aset Alami dan Llingkungan Hidup Pada Umumnya diharapkan dapat memperbaiki kehidupan ekonomi masyarakat kearah berkelanjutan*. Makalah Disampaikan pada diskusi serial di LATIN, Bogor, 15 Agustus 2001.
- Bappeda Lamongan. 2017. *Revisi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Lamongan*. Bappeda Kabupaten Lamongan. Jawa Timur
- Barg UC. 1992. *Guidelines for the promotion of environmental management of coastal aquaculture development*. FAO Fisheries Technical Paper 328, FAO, Rome. 122p.
- Barus , B. 2005. Kamus SIG(Sistem Informasi Geografis). Studio Teknologi Informasi Spasial (SOTIS). Bagian penginderaan jauh dan Kartografis, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Faperta, IPB. Bogor
- Beatly T, Brower DJ, Schwab AK. 1994. *An introduction to coastal zones management*. Island press. Washington D.C.
- Bengen DG. 2004. *Ragam pemikiran menuju pembangunan pesisir dan laut berkelanjutan berbasis eko-sosiosistem*. Pusat Pembelajaran dan Pengembangan Pesisir dan Laut (P4L). Bogor.
- Better Management Practises WWF, 2014. *Better Management Practices Budidaya Udang Vannamei, Tambak Semi Intensif dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)*. Versi 1. WWF-Indonesia.
- Boyd CE. 1988. *Water quality in warmwater fish ponds. Fourth Printing*. Auburn University Agricultural Experiment Station. Alabama. USA. 359 p.
- Boyd CE. 1990. *Water quality in ponds for aquaculture*. Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University, Alabama, 482p.
- Boyd CE. 1991. *Water quality management and aeration in shrimp farming*. Auburn : Fisheries and Allied Aquacultures Departemental, Auburn University. 82 p

- Boyd CE.1992. *Shrimp pond bottom soil and sediment management in wybean.J.(eds)*. Proceeding of the special session on shrimp. The World Aquaculture Society Farming. P. 166 – 168.
- Boyd CE and Musig Y 1992. Shrimp pond effluents: *Observations of the nature of the problem on commercial farms*. Proceeding of the special session on shrimp farming. Edited by J. Wyban. World aquaculture society, Baton rouge, LA. USA 195 – 197.
- Boyd CE. 1998. *Pond water aerations systems*. Journal of Aquaculture Engineering Vol. 18, 9 – 20.
- Boyd, C.E., Clay, J.W. 2002. “*Evaluation of Belize aquaculture LTD, A superintensive Shrimp aquaculture system*”, Report prepared under The World Bank,NACA, and FAO Consorsiu. Work in progress for Public Discussion. Published by The Consorsium.17 pages.
- Boyd CE, Massaut L, Weddig LJ. 1998. *Towards reducing environmental impacts of pond aquaculture*. INFOFISH Internasional 2 /98 ,p : 27 – 33.
- Boyd C.E.1999. *Management of shrimp pond to reduce the eutrophication potential of effluents*. The Advocate, December 1999:12-14.
- Boyd CE. 2003. *Applying effluent standard to small-scale shrimp farms, Aquaculture Certification Council*: [http:// ceboyd@acesag.auburn.edu](http://ceboyd@acesag.auburn.edu) [20 April 2008].
- Bucher D dan Ismail W. 1993. *Peranan penggunaan anco pada budidaya udang intensif terhadap upaya peningkatan produksi dan perbaikan kondisi lingkungan tambak*. Buletin Penelitian Perikanan 2 : 50 – 60.
- Campbell, J. B. 2002. *Introduction to Remote Sensing*. Third edition. Guilford press, New York.
- Charles AT. 2001. *Sustainable fishery systems*. Balckwell Sciences. London. UK.
- Chung, Kang YH. 2002. *Seasonal assembly of seaweed species in the sustainable seaweed integrated aquaculture system*. Department of Marine Science, Pusan National University, Korea.
- Clark JR.1996. *Coastal zone management hand book*. Lewis Publisher, New York. USA
- Dahuri R, Jacob Rais, Ginting SP, Sitepu MJ. 1996. *Pengelolaan sumberdaya pesisir dan lautan secara terpadu*. PT. Pradnya Paramitha, Jakarta. Indonesia.
- Dahuri, R., 1998. *Pengaruh Pencemaran Industri Terhadap Potensi Sumber Daya Laut*. Makalah disampaikan Pada Pelatihan Manajemen Wilayah Pesisir. Fakultas Perikanan IPB-Bogor.

- Dahuri, R., 2000. *Analisa Kebijakan dan Program Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*. Makalah disampaikan Pada Pelatihan Manajemen Wilayah Pesisir. Fakultas Perikanan-IPB. Bogor.
- Dahuri R. 2003. *Keanekaragaman hayati laut. Aset pembangunan berkelanjutan Indonesia*. PT. Gramedia Pustaka Umum. Jakarta.
- Dahuri R. 2003. *Materi kuliah pengelolaan sumberdaya pesisir dan lautan secara terpadu*. Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan. SPL-IPB.
- Damar. 2004. *Eutrofikasi Perairan Pesisir*. Makalah disampaikan pada peringatan hari bumi di Institut Pertanian Bogor.
- Danoedoro. P. 2004a. *Klasifikasi Penutup Lahan Secara Rinci: Pengalaman Dengan Citra Landsat ETM' dan QuickBird*. Dalam: Danoedoro, P. (ed.), Sains Informasi Geografis: Dari Perolehan dan Analisis Citra hingga Pemetaan dan Permodelan Spasial. Jurusan Kartografi dan Penginderaan Jauh. Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Danoedoro. P. 2004b. *Informasi Penggunaan Lahan Multidimensional: Menuju Sistem Klasifikasi Penggunaan Lahan Multiguna Untuk Perencanaan Wilayah dan Permodelan Lingkungan*. Dalam: Danoedoro, P. (ed.), Sains Informasi Geografis: Dari Perolehan dan Analisis Citra hingga Pemetaan dan Permodelan Spasial. Jurusan Kartografi dan Penginderaan Jauh. Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Departemen Kelautan dan Perikanan. 2002. *Modul sosialisasi dan orientasi penataan ruang laut, pesisir dan pulau – pulau kecil*. Edisi tahun 2002. Jakarta
- Departemen Kelautan dan Perikanan, 2004. *Pedoman Umum Pengelolaan Pesisir Terpadu*. Departemen Kelautan dan Perikanan Jakarta.
- Elovaara AK. 2001. *Shrimp Farming Manual, 400. Practical Technology For Intensive Commercial Shrimp Production*. United States Of America.
- Erlangga, E. 2012. *Budidaya Udang Vaname secara Intensif*. Penerbit Pustaka Agro Mandiri : Tangerang Selatan. 128 hlm
- Goldburg RJ, Elliot MS, Naylor RL. 2001. *Marine aquaculture in United States, environmental impacts and policy options*. Pew oceans commission 2101 Wilson boulevard, suite 550, Arlington, Virginia 22201.33 p.
- Gonzales JA, Gonzales HJ, Sanares RC, Tabernal ET. 1996. *River pollution : an investigation of the influence of aquaculture and other agro-industrial effluents on communal waterways*. Institute of aquaculture, College of Fisheries, University of the Philippines in the Visayas. 89.pp
- Haliman, R. W. dan Dian Adijaya. 2005. *Udang Vannamei*. Jakarta. Penebar Swadaya

- Haris E. 2000. *Manajemen operasional tambak udang pada pencapaian target PROTEKAN 2003*. Makalah disampaikan pada serasehan akuakultur Nasional. IPB Bogor, 5 – 6 oktober 2000. 10 hal.
- Hempel E, Winther U. 1997. *Shrimp farming and the environment*. The World Bank, Draft Report from KPMG Center for Aquaculture and Fisheries. Oktober 1997.
- Hendrajat, Erfan A. 2007. *Budidaya Udang Vaname (Litopenaeus vannamei) Pola Tradisioanal Plus di Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan*. *Media Akuakultur*. Vol. 2 Nomor 2.
- Hilel, D. 1982. *Introduction to Soil Rhysics*. Academic Press., Inc. San Diego, California.
- Horowitz A, Horowitz S. 2000. *Microorganism and feed management in aquaculture*. Global Aquaculture Alliance, The Advocate, Vol. 3 , Issue 2 , April 2000, p; 33 – 34.
- Johnsen RI, Grahl-Nielson O, Lunestad BT. 1993. *Environmental distribution on organic waste from marine fish farm*. *Aquaculture*, 118 : 229 – 224.
- Jones, C. 1997. *Geographical Information System an Computer Cartography*. Pearson Education Limitid. England.
- Kibria G, Nugegoda D, Lam P, Fairclough R. 1996. *Aspects of phosphorus pollution from aquaculture*. *Naga, The ICLARM Quarterly*, July 1996.p:20-24.
- Manahan SE. 2002. *Environmental Chemistry, Seventh Edition*. Lewis Publisher, Inc. New York.
- McDonald, Tikkanen ME, Axler CA, Larsen RP, CP and Host G. 1996. *Fish simulation culture model (FIS-C): a Bioenergetics based model for aquaculture wasteload application*. *Aquaculture engineering*, 15 (4) : 243 – 259.
- Meade JW. 1989. *Aquaculture management*. Anvi Book, Van Nostrand Reinhold, 175 p.
- MENKLH, 1998. Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup, Nomor, Kep/02/MENKLH1995. *Tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan Untuk Budidaya Tambak*. Jakarta
- Montoya R, Velasco M. 2000. *The Role of bacteria on nutritional and management strategic in aquaiculture systems*. Global Aquaculture Alliance, The Advocate, Vol. 3 , Issue 2, April 2000, p; 35 – 38.
- Nurjana ML, Arifin. 1997. *Tujuh jurus menuju sukses dalam budidaya udang. Media budidaya air payau*. Direktorat Jenderal Perikanan, Balai Budidaya Air Payau Jepara (3): 1 – 4.
- Odum EP. 1971. *Fundamental of ecology*. Third Edition. W.B. Saunders. Company. Toronto.

- Palunsu, Jenny P, Messmer M. 1997. *Kependudukan. Vocational Education Development Center PPGT/VEDC*, Malang.
- Phillips MJ, Clarke R, Mowat A. 1993. *Phosphorous leaching from Atlantic Salmon diets*, Aquacultural Engineering 12 (1993):47-54
- Poernomo A. 1988. *Pembuatan tambak udang di Indonesia*. Seri Pengembangan No. 7. Balai Penelitian Perikanan Budidaya Pantai, Maros. 30 hlm.
- Poernomo A. 1989. *Faktor lingkungan dominan pada budidaya udang intensif*. dalam: Bittner A. (Ed.), Budidaya Air. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta. hlm. 66-120.
- Poernomo, A. 1992. *Pemilihan lokasi tambak udang berwawasan lingkungan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan, Jakarta. 40 hlm. : 18:23
- Poernomo, A., 1997. Poernomo. *Peran Tata Ruang, Desain Interior Kawasan Pesisir dan Pengelolaanya Terhadap Kelestarian Budidaya Tambak*. Dalam Majalah Techner, No. 29, Tahun VI, Jakarta
- Pramono dan Gatot, H. 2008. Akurasi Metode IDW dan Kriging untuk Interpolasi Sebaran Sedimen Tersuspensi. Forum Geografi. Vol. 22 (1):97-110
- Primavera JH, Apud FF. 1994. Pond culture of sugpo (*Penaeus monodon*, Fabricius). Philip. J.Fish., 18 (5) : 142 – 176.
- Primavera JH, Apud FF. 1994. Pond culture of sugpo (*Penaeus monodon*, Fabricius). Philip. J.Fish., 18 (5) : 142 – 176.
- Purwanto. 2002. *Pengelolaan wilayah pesisir dan laut tropis berwawasan lingkungan*. Modul kuliah Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan. Institut Pertanian Bogor.
- Rachmansyah. 2001. *Evaluasi model simulasi untuk optimalisasi padat penebaran pada budidaya tambak udang di Teluk Pare – Pare*. Falsafah Sains PPS – IPB.
- San Diego-McGlone M, Smith SV, Nicolas V. 1999. Stoichiometri interpretation of C:N:P in organics waste materials by (Accepted in Marine Pollution Bulletin).(www.dataecology.su.se/MNODE/Methods/powerpoint/ppt.htm)(September 2003)
- San Diego-McGlone M. *Estimation of waste load*. Marine Science Institute, University of the Phillipines.(www.dataecology.su.se/MNODE/Methods/powerpoint/ppt.htm) (September 2003)
- Sitorus H. 2005. *Estimasi daya dukung lingkungan pesisir untuk pengembangan areal tambak berdasarkan laju biodegradasi limbah tambak di perairan Kabupaten Serang*, Disertasi. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor. 110 hal.

- Silvert W. 1992. *Assesing environmental impacts of finfish aquaculture in marine waters*. J. Aquaculture, 107 : 67-79.
- Soewardi, K 2002. *Pengelolaan Kualitas Air Tambak*, Makalah Dalam Seminar Penetapan Standar Kualitas Air Buangan Limbah, Ditjen Perikanan Budidaya, Puncak, 7-9 Agustus 2002.
- Soewardi, K., 2002. *Pengelolaan Kualitas Air Tambak. Seminar Penetapan Standar Kualitas Air Buangan Tambak*, Ditjen Perikanan Budidaya, Puncak, 7-9 Agustus 2002.
- Soewardi K. 2007. *Pengelolaan budidaya tambak berkelanjutan*. Materi Kuliah PS-SPL, IPB.
- Subandar A. 2000. Site selection of suitable shrimp culture within an integrated coastal zone management frame work: case study of South Sulawesi Province, Indonesian Center for Coastal Management, School of Resources Science Management Southern Cross University, Australia Ph.D Dissertation. 367 p.
- Sucipto, A. 2012. Lamongan Penghasil Ikan Terbesar di Jawa Timur. www.kompas.com. Diakses pada Tanggal 20 Oktober 2017
- Sugiharto. 1987. Dasar – dasar pengolahan air limbah. Universitas Indonesia. Jakarta
- Sugiyono dan Alfabeta, 2008. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif*. Bandung.
- Suprptono TKP, Puspito DCL, Siswanto, Poniran, Suyoto. 2008. Optimalisasi produktivitas tambak idle melalui budidaya multispecies dengan sistem pemeliharaan paralel dan resirkulasi. Laporan Kegiatan Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau Jepara. Tahun 2008. Hal :209-219.
- Suryadiputra INN. 1995. Pengelolaan air limbah dengan metoda biologi. Pelatihan sistem operasi pengendalian dan pemeliharaan air laut. Proyek pengembangan pendidikan ilmu kelautan. Bogor.
- Tiro LB. 2002. White shrimp *Litopenaeus vannamei* dan *Litopenaeus stylirostris*, The global culture species for shrimp farmers. Aqua Seed Technologies 11
- Taslihan *et al*. 2003. Budidaya udang bertanggungjawab. Balai Besar Riset Perikanan Budidaya Air Payau Jepara.
- Troell M. 1996. Intensif fish cage farming-impacts, resources demands and increase sustainability through integration. Cambridge scientific abstracts. Aquaculture impacts on the environment. (www.csal.co.uk/hottopics/aquacult/biblio45.html.) Juli 2008) (21
- Troell M, Kautsky N, Folke C. 1999. *Applicability of integrated coastal aquaculture systems ocean and management* (42): 63-69.
- Valiela I, Collins G, Kremer J, Lajitna K, Geist M, Seely B, Brawley J, Sham CH. 1997. *Nitrogen loading from coastal watershed to receiving*

estuaries : New methods and application. Ecological Applications. 7(2): 358 – 380.

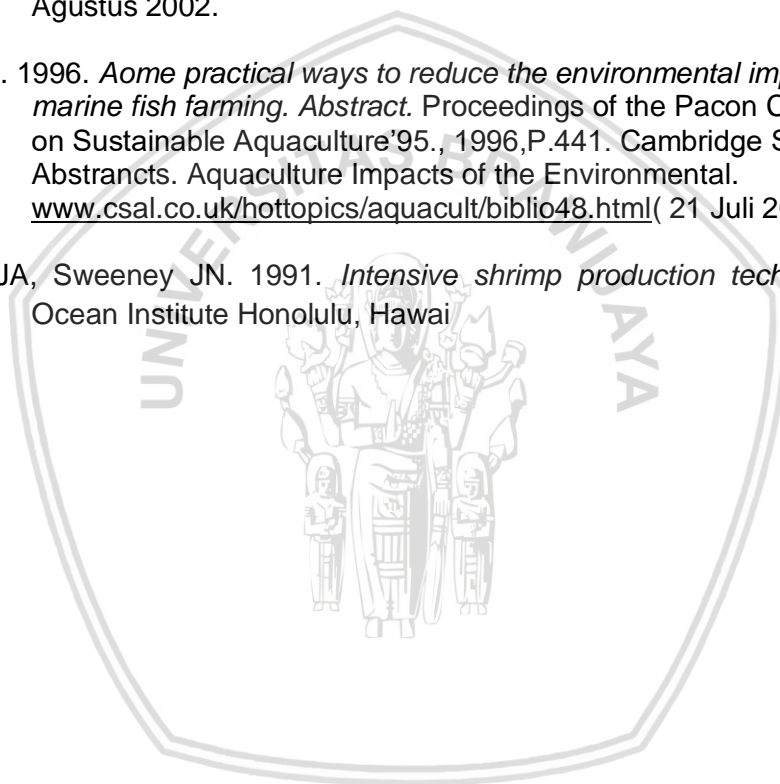
Widigdo B. 2001. *Perencanaan dan pengelolaan budidaya perairan wilayah pesisir. Makalah disampaikan pada Pelatihan Perencanaan dan Pengelolaan Wilayah Pesisir Secara Terpadu (ICZPM); Hotel Bidakara, Jakarta 8 – 16 Oktober 2001.*

Wedemeyer GA. 1996. *Physiology of fish in intensive cultures system. Chapman and Hall.* New York. 232 p.

Widigdo B. 2002. *Perkembangan dan peranan perikanan budidaya dalam pembangunan. Makalah dalam seminar penetapan standar kualitas air buangan tambak, Ditjen Perikanan Budidaya, Puncak 7 – 9 Agustus 2002.*

Wu RSS. 1996. *Aome practical ways to reduce the environmental impacts or marine fish farming. Abstract. Proceedings of the Pacon Conference on Sustainable Aquaculture'95., 1996, P.441. Cambridge Scientific Abstrancts. Aquaculture Impacts of the Environmental.* www.csal.co.uk/hottopics/aquacult/biblio48.html (21 Juli 2008).

Wyban JA, Sweeney JN. 1991. *Intensive shrimp production technology.* The Ocean Institute Honolulu, Hawai



3. KERANGKA KONSEP PENELITIAN

3.1. Landasan Teori

Wilayah pesisir secara ekologis adalah suatu wilayah peralihan antara ekosistem darat dan laut, dimana ke arah wilayah pesisir meliputi bagian daratan, baik kering maupun terendam air, yang masih dipengaruhi oleh proses-proses kelautan, seperti pasang surut, angin laut, dan intrusi air laut, sedangkan ke arah laut wilayah pesisir meliputi perairan laut yang masih dipengaruhi oleh proses – proses alami seperti sedimentasi dan aliran air tawar (Beatly 1994; Dahuri *et al.* 1996; Clark 1996).

Pengelolaan Wilayah Pesisir secara Terpadu (*Integrated Coastal Zone Management/ICZM*) adalah bentuk pemanfaatan sumberdaya alam dan jasa-jasa lingkungan (*environmental service*) yang terdapat di kawasan pesisir. dengan cara melakukan penilaian menyeluruh (*comprehensive assesment*) tentang kawasan pesisir beserta sumberdaya alam dan jasa-jasa lingkungan yang terdapat di dalamnya, menentukan tujuan dan sasaran pemanfaatan, dan kemudian merencanakan serta mengelola segenap kegiatan pemanfaatan guna mencapai pembangunan yang optimal dan berkelanjutan. Proses pengelolaan ini dilakukan secara kontinyu dan dinamis, dengan mempertimbangkan segala aspek sosial, ekonomi, budaya, dan aspirasi masyarakat pengguna (*stakeholders*), serta konflik kepentingan dan konflik pemanfaatan kawasan pesisir yang mungkin ada guna mencapai pembangunan wilayah pesisir secara berkelanjutan (*sustainable development*), (Sorensen dan Mc Creary, 1990; IPPC, 1994 dalam Dahuri *et al.*, 2001).

Pembangunan berkelanjutan adalah pembangunan untuk memenuhi kebutuhan hidup saat ini tanpa merusak atau menurunkan kemampuan generasi

mendatang untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Secara ekologis terdapat tiga persyaratan yang dapat menjamin tercapainya pembangunan berkelanjutan, yaitu : keharmonisasian spasial mensyaratkan bahwa dalam suatu wilayah pembangunan hendaknya tidak seluruhnya diperuntukkan bagi zona pemanfaatan tetapi harus juga dialokasikan untuk zona preservasi dan konservasi (Dahuri *et al.*, 1997)

Kabupaten Lamongan memiliki potensi sumberdaya alam, sumberdaya binaan dan kegiatan sosial ekonomi yang beragam. Dalam rangka mengurangi kesenjangan perkembangan di tiap-tiap wilayah maka perlu adanya intervensi yang dapat memberikan peran dan fungsi yang jelas dalam bentuk suatu rencana struktur yang mempunyai hirarki keruangan. Rencana struktur yang dikembangkan tersebut akan mengoptimalkan pengembangan suatu wilayah sehingga tercipta pemenuhan antar wilayah satu dengan yang lainnya. Apabila sistem pemenuhan kebutuhan terjadi dalam jangka panjang maka sistem perekonomian wilayah dapat berjalan sesuai dengan harapan dan perkembangan ekonomi dapat terwujud. Salah satu pengembangan yang terdapat di wilayah pesisir kabupaten lamongan adalah kegiatan budidaya tambak.

Kegiatan budidaya tambak adalah suatu bentuk kegiatan pemanfaatan dan pengolahan lingkungan untuk membesarkan biota air. Biota perairan yang dibudidayakan di tambak wilayah pesisir Kabupaten Lamongan yaitu budidaya udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*). Udang vaname (*L. vannamei*) memiliki banyak keunggulan sehingga banyak diminati untuk dibudidayakan. Keunggulan udang vanamei (*L. vannamei*) diantaranya adalah pertumbuhannya cepat, dapat dibudidayakan dengan padat penebaran yang tinggi, tingkat kelangsungan hidup (*Survival Rate*) tinggi, *Feed Conversion Ratio (FCR)* rendah dan relatif tahan terhadap penyakit (Hendrajat *et al.*, 2007). Tingkat kelulus hidupan udang

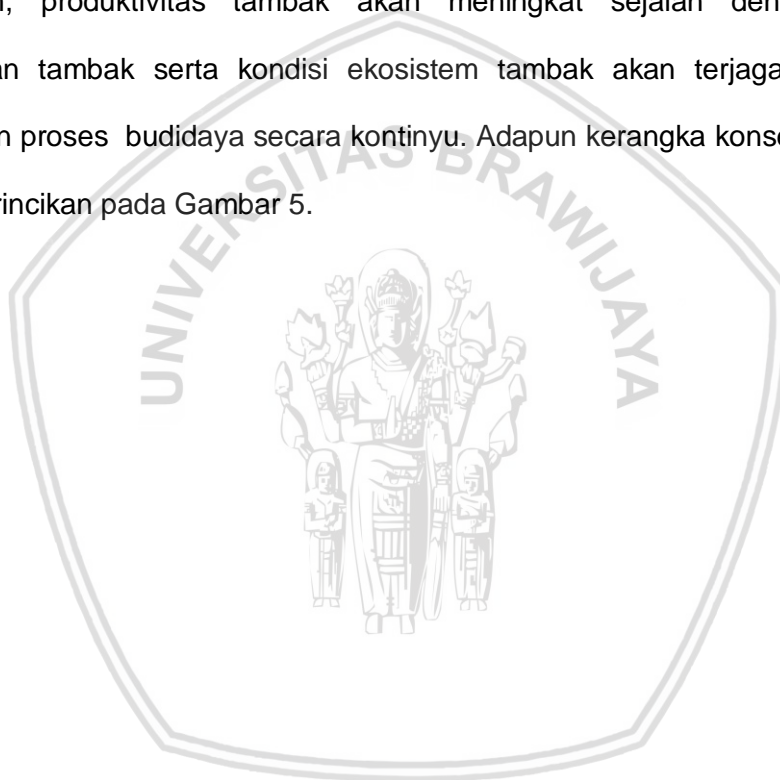
vaname berkisar 80-100% (Duraippah *et al.*, 2000), dan dapat mencapai 91% (Boyd dan Clay, 2002), dengan tingkat kepadatan yang tinggi (100 ekor/m²), pertumbuhannya dapat mencapai lebih dari 3 g/minggu. Ukuran tubuh (panjang) maksimum dapat mencapai 23 cm.

Kegiatan budidaya udang vannamei yang berhasil dan berdaya guna serta terukur, dapat dilakukan dengan melakukan pengelolaan secara optimal dengan mempertimbangkan kaidah ekologis dengan harapan tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan alam, akan hal ini di lingkungan pesisir. Misalnya menimbulkan pencemaran kualitas lingkungan pesisir yang berdampak pada penurunan mutu kualitas air sehingga tidak layak digunakan untuk media produksi budidaya. Untuk memastikan keberlanjutan usaha budidaya perikanan maka pengukuran dan pemantauan data kualitas lahan menjadi kunci untuk menghindari terjadinya degradasi lingkungan, selain itu dapat bermanfaat untuk keberlanjutan usaha budidaya perikanan karena kondisi kualitas perairan dan lahan sangat menentukan dalam keberhasilan usaha perikanan budidaya, dari daya dukung tersebut maka dapat ditentukan tingkat teknologi pengembangan budidaya yang tepat, teknologi sistem informasi geografis (SIG) menjadi pilihan yang baik dalam melakukan pemanfaatan lahan budidaya udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*).

Pemanfaatan lahan dalam pengembangan budidaya udang vannamei dilakukan dengan menggunakan analisis spasial yang memanfaatkan teknologi aplikasi SIG dalam menganalisis sumber daya lingkungan. Analisis spasial merupakan operasi tumpang susun (*overlay*), dalam proses operasi tumpang susun dilakukan penyatuan data spasial berupa data kualitas fisik dan kimia perairan yang merupakan salah satu fungsi efektif dalam SIG yang digunakan dalam analisis keruangan, sehingga nantinya pemanfaatan lahan di wilayah pesisir di Kabupaten Lamongan dapat berjalan dengan optimal dan

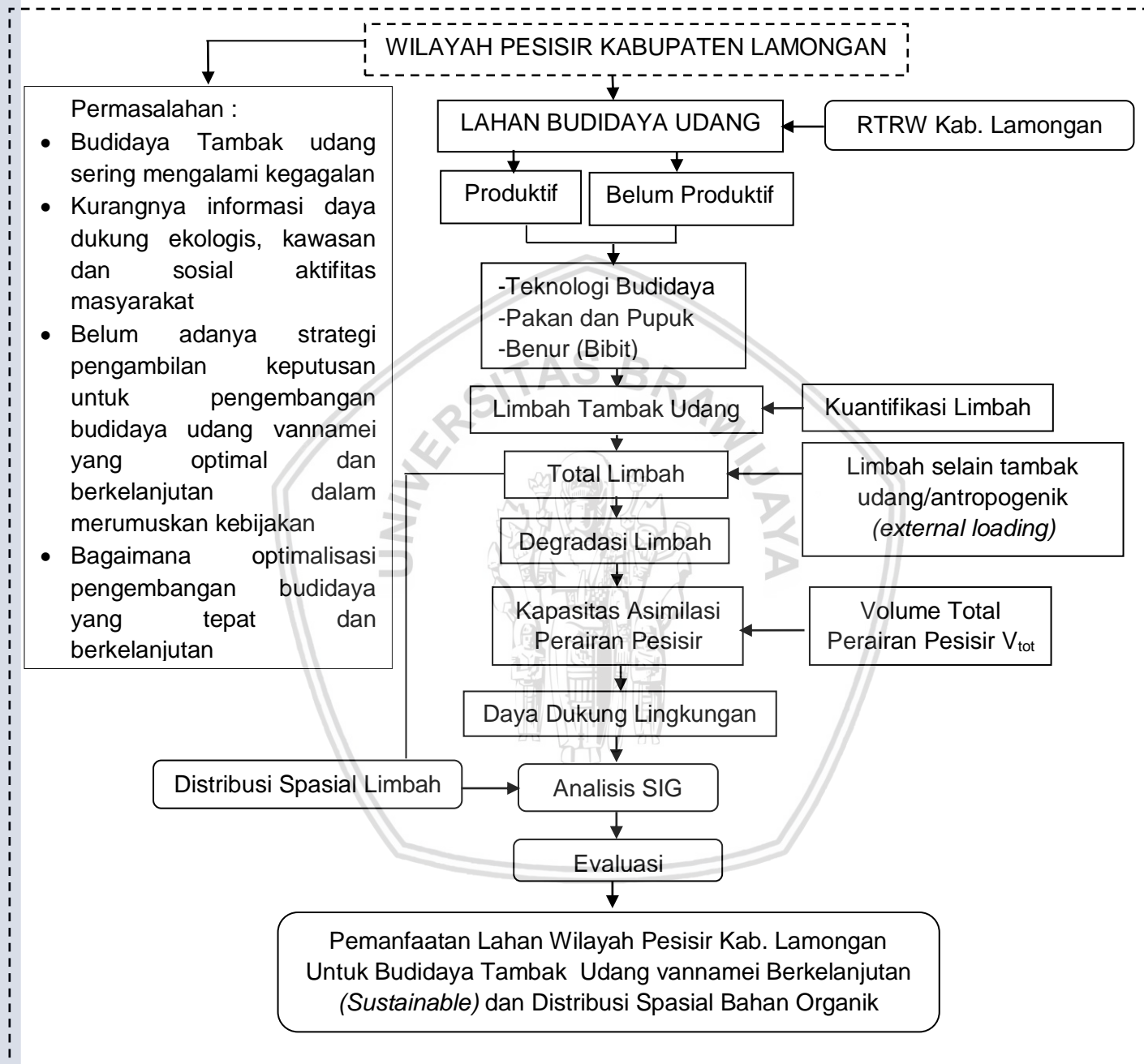
berkelanjutan.

Dalam penelitian ini penulis mengevaluasi lahan tambak budidaya udang yang sudah ada dengan pendekatan ekologi (biofisik kualitas tanah dan air) dengan meninjau aspek produksi sebagai tolak ukur keberhasilan budidaya ditinjau dari biofisik tambak. Selanjutnya diharapkan para pelaku budidaya dapat memanfaatkan lahan tambak yang ada secara optimal, yakni dengan mengetahui kondisi lahan tambak (daya dukung) sebagai tolak ukur. Dengan demikian, produktivitas tambak akan meningkat sejalan dengan tingkat kelayakan tambak serta kondisi ekosistem tambak akan terjaga dan dapat dilakukan proses budidaya secara kontinyu. Adapun kerangka konsep penelitian dapat dirincikan pada Gambar 5.



3.2. Kerangka Konsep Penelitian

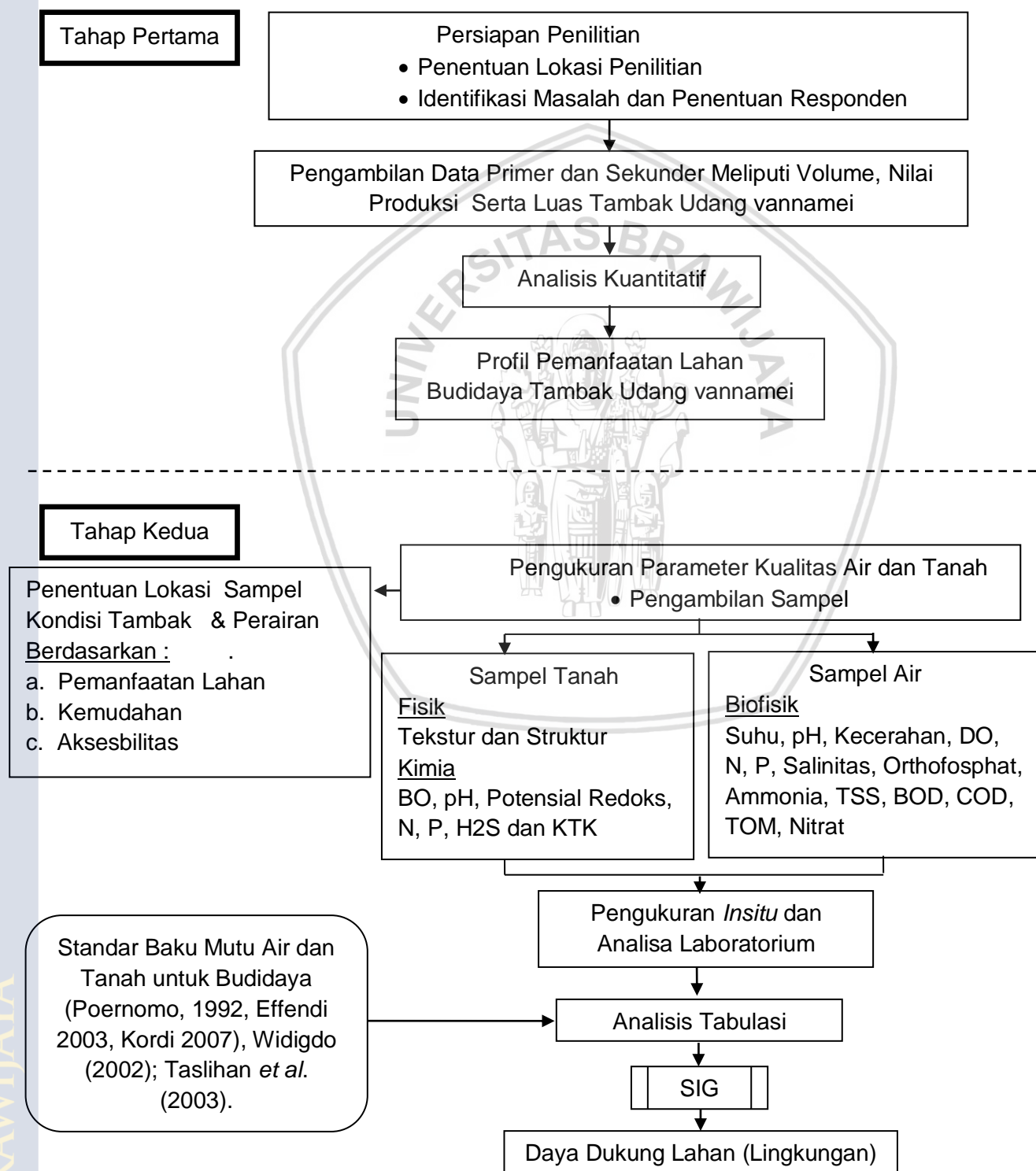
Berdasarkan landasan teori yang ada, maka dapat disusun kerangka konsep penelitian seperti pada Gambar 5.

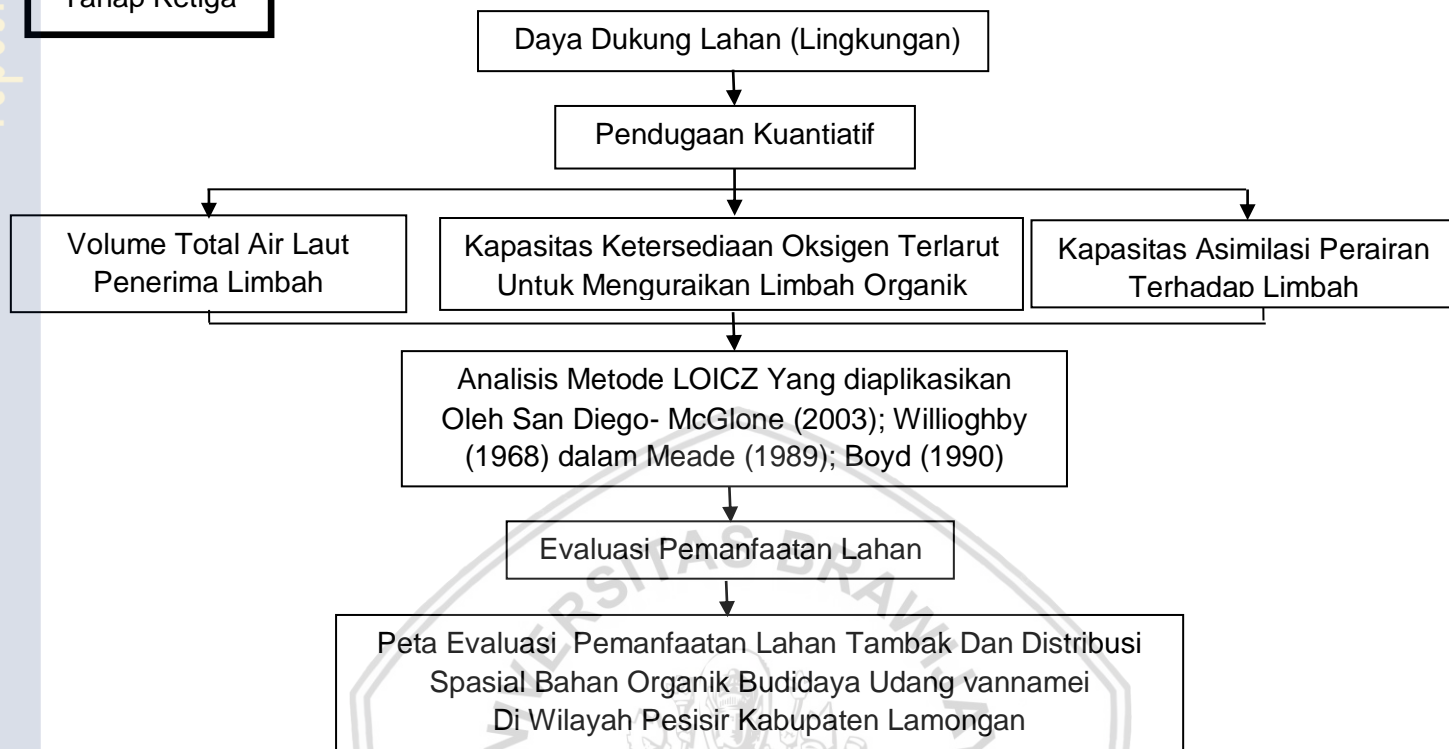


Gambar 5. Kerangka Konsep Penelitian

3.3. Kerangka Operasional Penelitian

Untuk menyatukan rumusan masalah dengan tujuan penelitian yang ingin dicapai berdasarkan operasional ilmu teori, maka kerangka operasional penelitian ini dibangun dengan 3 (tiga) tahapan yang dirinci sebagai berikut :



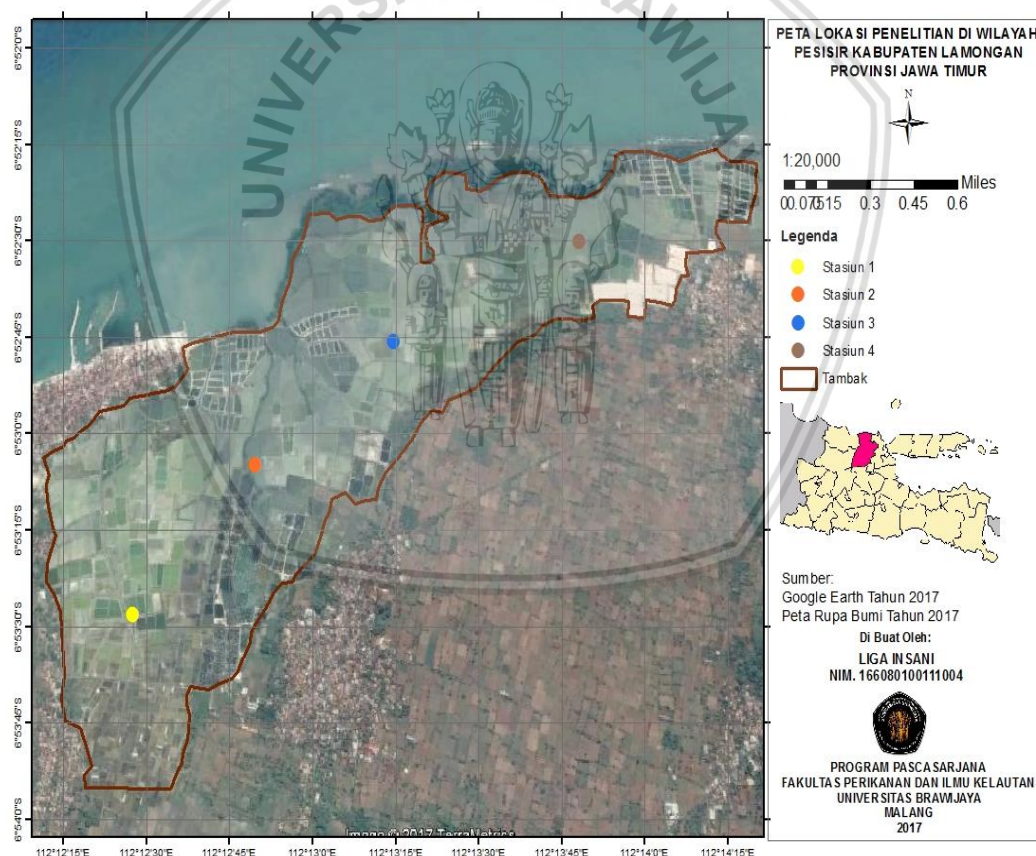
Tahap Ketiga

Gambar 6. Diagram Alir Kerangka Operasional Penelitian

4. METODE PENELITIAN

4.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Januari-April 2018 di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan. Pelaksanaan uji dan analisa data dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Teknologi Pertanian dan di Laboratorium Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya. Pemilihan lokasi didasarkan atas pertimbangan wilayah pesisir kabupaten Lamongan mempunyai bentuk kegiatan perikanan yang beragam, salah satunya kegiatan perikanan budidaya tambak udang. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Peta lokasi penelitian di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan

4.2. Bahan dan Alat Penelitian

4.2.1. Bahan penelitian

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini terbagi atas:

- Bahan untuk proses pembuatan peta yaitu:
 - a. Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI), Kabupaten Lamongan, skala 1 : 25.000.
 - b. Peta Lingkungan Perairan Indonesia Kabupaten Lamongan, skala 1:50.000
 - c. Peta Penggunaan Tanah Propinsi Jawa Timur skala 1 : 250.000.
 - d. Peta Administrasi Kabupaten Lamongan 1: 50.000.
- Bahan yang digunakan selama pengamatan lapang yaitu:
 Bahan pengawet sampel air (H_2SO_4 pekat) dan auades digunakan untuk kalibrasi alat sensor pH meter, DO meter dan Refraktormeter.

4.2.2. Alat penelitian

Penelitian ini menggunakan peralatan seperti, GPS (digunakan untuk penentuan area pengamatan dan koordinat pada titik-titik lokasi di setiap area), botol sampel, botol gelap (BOD) sebagai media sampel air yang kemudian dianalisis di laboratorium, kamera digital (pengambilan gambar dan dokumentasi), laptop (untuk penyimpanan dan pengolahan data penelitian), tongkat berskala, pipa paralon, layang-layang arus (*drift float*), program aplikasi ArcMap 10.3

4.3. Metode Pengumpulan Data

4.3.1. Penentuan stasiun penelitian

Penelitian ini dilakukan pada zona pemanfaatan lahan tambak budidaya udang di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan yang terdiri dari dua kecamatan, yaitu kecamatan Paciran dan kecamatan Brondong. Penentuan titik sampling

ditentukan dengan teknik *Point-Quarter Method* yakni metode penentuan titik-titik sampling secara acak di sepanjang suatu garis transek dengan jarak antar titik ditentukan secara acak maupun sistematis (Khouw, 2009). Setiap titik-titik sampling ditandai dengan menggunakan GPS (*Global Positioning System*). Sedangkan penentuan pemilihan lokasi ini dilakukan dengan metode purposive sampling, dimana teknik ini dilakukan dengan sengaja sehingga dapat mewakili secara keseluruhan lokasi penelitian (Sugiyono dan Alfabeta, 2008). Penentuan area didasarkan atas pertimbangan kriteria tertentu dan keheterogenan lokasi pemanfaatan lahan untuk budidaya yang bertujuan agar lokasi penelitian ini dapat mewakili seluruh aktifitas sosial dan ekologis seperti kegiatan budidaya, pemukiman penduduk, kondisi fisik perairan dan lahan, keterlindungan atau ketidak-terlindungan dari ombak, aktifitas usaha sektor-sektor lain yang tidak bersesuaian, kemudahan menjangkau lokasi titik sampling, akses jalan maupun sarana budidaya seperti sumber air, jarak dengan pantai yang dapat memudahkan dalam melakukan penelitian sehingga penelitian berjalan secara efisien dari segi waktu dan biaya.

4.3.2. Jenis, sumber dan prosedur pelaksanaan penelitian

Pengumpulan data penelitian ini terdiri dari 2 (dua) jenis data yaitu; data primer dan data sekunder (Sirajuddin, 2009). Data primer dapat diperoleh langsung di lokasi penelitian melalui pengamatan/pengukuran serta wawancara langsung sedangkan data sekunder dilakukan melalui penelusuran berbagai pustaka yang ada di berbagai instansi pemerintah dan swasta yang terkait dengan penelitian ini. Data primer yang diamati dalam penelitian ini meliputi :

a. Parameter kualitas tanah tambak

Pengambilan sampel tanah dilakukan berdasarkan pertimbangan, penarikan sampel berdasarkan purposive atau berdasarkan pertimbangan merupakan bentuk penarikan yang didasarkan kriteria-kriteria tertentu yaitu

karakteristik tanah, lokasi (warna, jenis atau secara visual) dari kegiatan budidaya (Hermawan, 2004). Pengambilan sampel tanah tambak dilakukan dengan menggunakan pipa paralon 2 inchi dengan panjang 50 cm. Proses pengambilan sampel tanah dilakukan pada kedalaman 0 – 20 dengan pengambilan sebanyak 500 gram, pengambilan sampel tanah dilakukan di dua Kecamatan wilayah pesisir Kabupaten Lamongan yaitu; Kecamatan Paciran dan Kecamatan Brondong. (1 stasiun dilakukan pengambilan contoh pada 3 petak tambak dengan setiap petak 1 titik sampling, kemudian dihomogenkan untuk kemudian di analisa. Selain dilakukan pengukuran langsung di lapangan, sampel tanah tersebut dianalisis di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya dan di Laboratorium Tanah dan Sumberdaya Lahan Universitas Trunojoyo Madura. Pengumpulan data parameter kualitas tanah yang diamati, alat/cara analisis dan tempat pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Parameter, alat/cara analisis dan tempat pengukuran kualitas tanah

Parameter	Alat / cara analisis	Tempat pengukuran
pH tanah dan redoks	pH / redoks meter	<i>Insitu</i>
B-organik	Ignition loss	Laboratorium
N – total	Metode kjeldahl	Laboratorium
Kapasitas Tukar Kation	Metode kolorimetri	Laboratorium
K, Ca, Na dan Mg	Metode flamefotometer	Laboratorium
P ₂ O ₅ (Bray II)	Spectrofotometer	Laboratorium
Tekstur tanah	Metode boyoucus hydrometer	Laboratorium
Pirit	Metode aherm	Laboratorium
<i>Total potencial dan actual Acidity</i> (TPA dan TAA)	Metode ahem	Laboratorium

b. Parameter kualitas air

Pengambilan data kualitas air bertujuan untuk mengetahui *present status* kondisi perairan pesisir Kabupaten Lamongan yang meliputi kondisi fisik dan kimia perairan yang terkait dengan kelayakan lingkungan untuk kehidupan udang, baik di alam maupun di tambak. Pengamatan dan pengambilan contoh kualitas air dilakukan secara langsung (*insitu*) yang mengacu pada APHA (1989). Untuk pengukuran kondisi fisika air pada kawasan tambak udang dilakukan di (8 stasiun). Sedangkan pengukuran kondisi kimia air tambak dilakukan di 2 stasiun

yang terdiri dari saluran inlet, saluran pembuangan/*outlet* dan perairan tambak dan juga sungai (2 stasiun) serta perairan pantai pesisir (2 stasiun). Posisi masing – masing stasiun pengambilan contoh sampel kualitas air ditandai dengan alat bantu *Global Positioning System* (GPS).

Analisis kualitas air ini selain langsung dilakukan pengukuran di lapangan, juga dilakukan analisis di laboratorium Oseanografi Universitas Trunojoyo, Madura. Sedangkan data oseanografi (pasang surut, kecepatan arus, curah hujan dan kedalaman) diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Perak II Surabaya. Pengumpulan data parameter kualitas air yang diamati, alat/cara analisis dan tempat pengukuran dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Parameter, alat/cara analisis dan tempat pengukuran kualitas air

Parameter	Alat / cara analisis	Tempat pengukuran
a. Parameter fisika		
Kekeruhan	Turbidimeter	<i>Insitu</i>
• Suhu	YSI/Hydrolab	<i>Insitu</i>
• Padatan tersuspensi (TSS)	Botol sampel / Gravimetri	Laboratorium
b. Parameter kimia		
• pH	YSI/Hydrolab	<i>Insitu</i>
• Salinitas	YSI/Hydrolab	<i>Insitu</i>
• Oksigen terlarut	YSI/Hydrolab	<i>Insitu</i>
• BOD	Botol BOD, Titrimetri	Laboratorium
• Ammonia ($\text{NH}_3 - \text{N}$)	Botol sampel, Spektrofotometer	Laboratorium
• Nitrat ($\text{NO}_2 - \text{N}$)	Botol sampel, Spektrofotometer	Laboratorium
• Nitrit ($\text{NO}_3 - \text{N}$)	Botol sampel, Spektrofotometer	Laboratorium
• Posphat ($\text{PO}_4 - \text{P}$)	Botol sampel, Spektrofotometer	Laboratorium

4.4. Metode Analisis Data

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif melalui pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam melakukan evaluasi pemanfaatan lahan untuk kegiatan budidaya tambak udang serta melakukan kajian distribusi spasial bahan organik dari budidaya tambak sesuai dengan tujuan dan manfaat penelitian. Metode deskriptif didasarkan atas fakta-fakta dari gejala-gejala yang terjadi secara faktual pada saat penelitian (Nasution, 2009). Hal ini diperjelas dengan pernyataan Adipu *et al.*, (2013) bahwa, pengambilan data penelitian dapat dilakukan dengan teknik penyebaran kuisioner kepada

responden serta wawancara langsung dengan narasumber dan survei lapangan.

Data yang diperoleh dari kuisioner adalah data ordinal yang mengukur tingkatan atau gradasi dari sangat positif sampai sangat negatif. Skala yang digunakan untuk mengukur sikap, pendapat dan persepsi seseorang atau sekelompok orang tentang fenomena sosial yaitu skala likert (Sugiyono dan Alfabeta, 2008).

4.5. Analisis Kuantitatif Pendugaan Pada Daya Dukung Lingkungan

Pendugaan kuantitatif faktor yang berpengaruh terhadap daya dukung lingkungan perairan pantai pesisir Kabupate Lamongan menggunakan beberapa pendekatan, yaitu: (1) pendugaan kuantitatif volume total air laut yang tersedia di perairan pesisir; (2) pendugaan kuantitatif limbah yang berasal dari kegiatan budidaya tambak udang (*internal loading*); (3) pendugaan kuantitatif limbah yang bersumber dari kegiatan lain selain tambak udang/*antropogenik (external loading)*.

4.5.1. Pendugaan kuantitatif volume total air laut yang tersedia di perairan pesisir (V_{tot})

Kemampuan perairan pesisir dalam mengasimilasi beban limbah dari budidaya tambak udang didasarkan pada volume perairan laut yang memasuki perairan pesisir pada saat pasang. Jumlah air penerima limbah sangat menentukan berapa banyak limbah yang dapat diasimilasi oleh badan air suatu perairan, sehingga kualitas perairan tersebut masih layak untuk digunakan sebagai media budidaya tambak udang. Volume air laut yang memasuki perairan pantai pada saat pasang dikuantifikasi dengan menggunakan rumus (Widigdo dan Pariwono 2003) sebagai berikut :

$$V_0 \text{ (m}^3\text{)} = 0.5 \cdot h y \left(2x - \frac{h}{tg\phi} \right) \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

V_0 = volume air laut yang memasuki perairan pesisir pada saat pasang (m³)

- h = kisaran pasang surut (*tidal range*) setempat (m)
 y = panjang garis pantai (m)
 x = jarak dari garis pantai (pada waktu pasang) hingga ke lokasi pengambilan air laut (*sea water intake*) untuk keperluan tambak (m)
 θ = kemiringan dasar laut

Selanjutnya, untuk menentukan volume air tersisa pada saat surut (V_s) ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V_s (\text{m}^3) = 0.5 \cdot h \cdot y \left(2x - \frac{(2h-1)}{\text{tg}\theta} \right) \dots\dots\dots (2)$$

Dengan demikian, volume air (V_{os}) yang tersedia di perairan pesisir dalam satu siklus pasang surut (f) untuk mengencerkan limbah tambak (substitusi persamaan 1 dan 2), menjadi :

$$V_{os} (\text{m}^3) = 0.5 \cdot h \cdot y \left(4x - \frac{(3h-1)}{\text{tg}\theta} \right)$$

Apabila diketahui frekuensi pasang surut sebesar f kali dalam satu hari, maka volume total air yang tersedia di perairan pesisir untuk mengencerkan limbah tambak menjadi sebesar:

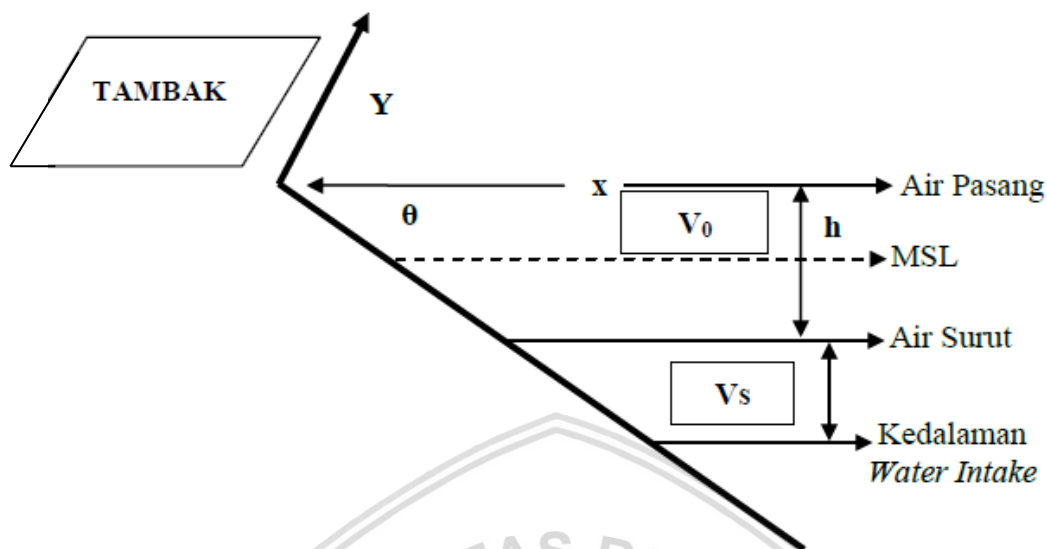
$$V_{\text{tot}} (\text{m}^3) = f \cdot V_{os}$$

Dengan waktu tinggal (*Retention time*) :

$$WT = \frac{V_o + V_s}{V_s}$$

Keterangan :

- V_{tot} = volume total air yang tersedia di perairan pesisir (m^3)
 V_{os} = volume air yang tersedia di perairan pesisir dalam satu siklus pasang surut (m^3)
 WT = waktu tinggal (jam)



Gambar 8. Penentuan Volume Perairan Pantai untuk Pengenceran Limbah

Nilai kisaran pasang surut (h) dan konstanta harmoni pasang surut diperoleh dengan pengamatan pasang surut selama 39 jam di lokasi penelitian yang selanjutnya dianalisis dengan menggunakan metode *admiralty*. Nilai panjang garis pantai (y) diperoleh dari Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Lamongan dan hasil analisis SIG.

4.6. Analisis Kuantitatif Pendugaan Limbah Tambak Udang (*internal loading*)

4.6.1. Limbah organik dalam bentuk TSS

Kuantifikasi beban limbah organik dari budidaya tambak udang dalam bentuk TSS ditentukan dengan menggunakan asumsi yang diambil dari hasil penelitian Primavera dan Apud (1994); Gunarto (2007); Erfan dan Mengampa (2007); Widigdo (2002); Alauddin (2010). Maka pendugaan beban limbah organik dalam bentuk TSS dari kegiatan tambak udang yang masuk ke perairan pesisir ditentukan dengan menggunakan rumus (Widigdo dan Soewardi, 2002) sebagai berikut :

$$Vt_n = (Q\% \cdot Vtb)$$

Konsentrasi TSS dari volume air tambak yang dibuang ke perairan pesisir sebesar:

$$Cb_n = Ca_{(n-1)}$$

Penambahan air baru sebesar Q% akan menurunkan konsentrasi TSS di tambak menjadi :

$$Ce_n = Q\% \cdot Ca_{(n-1)}$$

Peningkatan konsentrasi TSS dalam tambak setelah dilakukan pengantian air dan pemberian pakan, sebesar :

$$C_{n-1} = \frac{[(Ce_{(n-1)} \cdot Vtb) - (35\% \cdot P_{(n-1)} \cdot 1000)]}{Vtb}$$

Dimana :

Ca_n = konsentrasi TSS didalam tambak sebelum pengenceran (ppm)

Ce = konsentrasi TSS didalam tambak setelah pengenceran (ppm)

$Ca_{(n-1)}$ = konsentrasi TSS didalam air buangan tambak (ppm)

P = total pakan yang diberikan (kg)

Vtb = volume air tambak (m^3)

Q = persentase pengantian air tambak per hari (%)

n = hari ke 1,2,3.....panen

35 % = persentase total pakan yang menjadi beban pencemar tambak (Primavera dan Apud 1994)

Adapun proses perhitunganya sebagai berikut :

1. Pada hari pertama setelah penebaran udang kemudian dilakukan pemberian pakan sebesar P_1 . Jumlah pakan yang berkontribusi menjadi limbah organik adalah sebesar 35 % (Primavera dan Apud 1994) sehingga akan menghasilkan konsentrasi TSS sebesar Ca_1 , yaitu :

$$Ca_1 = \frac{((35\% \cdot P_1) \cdot 1000)}{Vtb}$$

2. Pada hari kedua dilakukan pengantian air dengan jalan membuang air tambak (Vt_2) sebesar Q % kemudian diganti dengan air baru sehingga jumlah air

tambak yang dibuang ke lingkungan perairan pesisir pada hari kedua sebesar:

$$Vt_2 = (Q\% \cdot Vtb)$$

yang mengandung konsentrasi limbah organik (Cb_2) sebesar:

$$Cb_2 = Ca_1$$

3. Penambahan air baru sebesar $Q\%$ akan menurunkan konsentrasi limbah organik dalam bentuk TSS di dalam air tambak dari (Ca_1) menjadi (Ce_2) sebagai berikut:

$$Ce_2 = (Ca_1 \cdot \% \text{ sisa } Vtb)$$

4. Setelah dilakukan pergantian air pada hari kedua, kemudian dilakukan kembali pemberian pakan sebesar P_2 . Jumlah pakan yang berkontribusi menjadi TSS adalah sebesar 35 % (Primavera dan Apud 1994) sehingga akan meningkatkan konsentrasi TSS di dalam tambak menjadi Ca_2 sebesar:

$$Ca_2 = \frac{\{(Ce_2 + Vtb)\} + (35\% \cdot P_2 \cdot 1000)}{Vtb}$$

4. Pada hari ketiga dilakukan pergantian air (seperti pada hari kedua) dengan membuang air sebesar $Q\%$ (lihat persamaan 16) dan mengganti dengan air yang baru. Air yang dibuang ke lingkungan perairan tersebut mengandung TSS (lihat persamaan 17). Penambahan air baru akan menurunkan konsentrasi TSS di dalam tambak dari Ca_2 ke Ce_3 .
5. Setelah dilakukan pergantian air pada hari ketiga, kemudian dilakukan pemberian pakan sebesar P_3 . Jumlah pakan yang berkontribusi menjadi limbah organik adalah sebesar 35 % (Primavera dan Apud 1994) sehingga akan meningkatkan konsentrasi TSS di dalam tambak menjadi Ca_3 .

6. Total limbah TSS yang dibuang ke lingkungan perairan per hari sebesar :

$$TL_h = \frac{Vt(n)}{1.000} \times Cb(n)$$

Dimana :

Vt = volume air tambak yang dibuang ke lingkungan perairan pantai (m^3)

- C_b = konsentrasi limbah TSS dalam air tambak yang dibuang (mg/l)
 n = hari ke 1,2,3,... panen
 TL_h = Jumlah limbah TSS yang dibuang ke lingkungan perairan pesisir (kg/hari)

Sedangkan untuk kuantifikasi limbah harian di perairan pesisir akibat buangan limbah organik dalam bentuk TSS dari tambak udang pada kondisi saat ini diestimasi dengan pendekatan (Gowen *et al.* 1989 dan dalam Barg 1992), dimana konsentrasi limbah TSS di perairan pesisir sangat tergantung pada volume air penerima limbah, jumlah limbah yang dibuang, dan *Flushing Time* (laju pengenceran) dengan formula sebagai berikut:

$$CL = LT \times \frac{FT}{V}$$

Dimana :

- CL = konsentrasi limbah di perairan pesisir (mg/l)
 LT = limbah tambak udang yang dibuang ke lingkungan perairan (mg/l)
 V = volume badan air (l)
 FT = *Flushing Time* (hari)

Sedangkan *Flushing time* ditentukan dengan menggunakan modifikasi formula sebagai berikut :

$$FT = \frac{1}{D}$$

$$D = \frac{(V_{pt} - V_{st})}{F \times V_{pt}}$$

Dimana :

- FT = *Flushing Time* (hari)
 (V_{pt}) = volume perairan pesisir pada saat pasang tertinggi (m^3)
 V_{st} = volume perairan pesisir pada surut terendah (m^3)
 F = frekuensi pasang surut dalam sehari
 D = *Dillution Rate*

Proses penentuan jumlah limbah organik dari tambak udang dapat dilihat pada Lampiran 1.

4.6.2. Limbah nitrogen dan phosfor tambak udang

Kuantifikasi beban limbah nitrogen (TN) dan limbah phosfor (TP) didasarkan pada data kandungan N dan P dalam pakan dan udang, mengacu pada metoda Ackefors dan Enell (1990 diacu dalam Barg 1992) sebagai berikut :

Beban limbah N (TN) :

$$LN = (A \times Cdn) - (B \times Cfn)$$

Beban limbah P (TP) :

$$LP = (A \times Cdp) - (B \times Cfp)$$

Dimana :

- A = bobot basah pellet kering yang digunakan (kg)
- B = bobot basah udang yang diproduksi (kg)
- Cdn = kandungan nitrogen dari pellet kering, diekspresikan sebagai %bobot basah
- Cdp = kandungan fosfor dari pellet kering, diekspresikan sebagai %basah
- Cfn = kandungan nitrogen udang, diekspresikan sebagai % bobot basah
- Cfp = kandungan phosfor udang, diekspresikan sebagai % bobot basah
- LN = limbah N tambak udang (kg);
- LP = limbah P tambak udang (kg)

Jika beban limbah nitrogen (TN) dan phosfor (TP) dari hasil kuantifikasi diperoleh sebesar LN dan LP, maka total N dan P dari budidaya tambak udang dapat ditentukan sebagai berikut :

Total N dari budidaya tambak udang :

$$TN_{tu} = \frac{LE \times LN}{1.000}$$

Total P dari budidaya tambak udang ;

$$TP_{tu} = \frac{LE \times LP}{1.000}$$

Dimana :

- LE = luas tambak udang eksisting
- LN = limbah N tambak udang (kg/ha)
- LP = limbah P tambak udang (kg/ha sebagai
- TN_{tu} = total limbah N tambak udang (ton)
- TP_{tu} = total limbah P tambak udang (ton).

4.7. Analisis Pendugaan daya Dukung lingkungan perairan pesisir

Pendugaan daya dukung lingkungan kawasan pesisir untuk pengembangan budidaya tambak udang di Kabupaten Lamongan ditentukan dengan menggunakan 3 (tiga) metode pendekatan, yaitu: (1) pendugaan daya dukung lingkungan berdasarkan volume total air laut penerima limbah (V_{tot}) dan laju penurunan limbah organik tambak udang; (2) pendugaan daya dukung lingkungan berdasarkan kapasitas ketersediaan oksigen terlarut dalam kolom air untuk menguraikan limbah organik dan; (3) pendugaan daya dukung lingkungan berdasarkan kapasitas asimilasi perairan terhadap limbah nitrogen (TN) dan fosfor (TP).

a. Metode Pendekatan 1

Pendugaan daya dukung lingkungan berdasarkan volume total air laut penerima limbah (V_{tot}) dan laju penurunan limbah organik tambak udang. Pada metode ini, jumlah limbah yang dapat ditampung oleh perairan pesisir ditentukan oleh volume total air laut penerima limbah dan laju penurunan limbah organik tambak udang. Jika penurunan limbah organik tambak udang sebesar Y (mg/l/hari) = $Y \cdot 10^{-6}$ ($\text{ton/m}^3/\text{hari}$), maka jumlah limbah maksimum yang dapat ditampung oleh perairan pesisir Kabupaten Lamongan tanpa melampaui daya dukung lingkungan diformulasikan :

$$JL_m = V_{tot} \cdot Y \cdot 10^{-6}$$

Dimana :

JL = Jumlah limbah maksimum yang dapat ditampung perairan pesisir (ton/hari)

V_{tot} = Volume total air yang tersedia di perairan pesisir (m^3)

Y = nilai laju penurunan limbah organik tambak udang (mg/l) atau $Y \cdot 10^{-6}$ ($\text{ton/m}^3/\text{hari}$)

Jika diketahui jumlah limbah organik per ton udang = A , maka kapasitas produksi budidaya udang sesuai dengan daya dukung lingkungan :

$$B = \frac{JL_m}{A}$$

Dimana :

- JL = Jumlah limbah maksimum yang dapat ditampung perairan pesisir (ton/hari)
 B = produksi budidaya udang sesuai dengan daya dukung lingkungan .

b. Metode Pendekatan 2

Pendugaan daya dukung lingkungan berdasarkan kapasitas ketersediaan oksigen terlarut dalam kolom air untuk menguraikan limbah organik. Pada metode ini, jumlah limbah yang dapat ditampung oleh perairan pesisir didasarkan pada ketersediaan oksigen terlarut dalam kolom air dengan menggunakan modifikasi formula (Willioghby 1968, diacu dalam Meade 1989) dan Boyd (1990), dimana pergantian pasang surut akan menyediakan atau memasok oksigen di perairan pesisir. Oksigen terlarut sangat dibutuhkan untuk mendekomposisi limbah organik tambak udang yang masuk dan berada di lingkungan perairan pesisir sehingga akan menentukan kemampuan perairan pesisir dalam menerima beban limbah organik tanpa melampaui daya dukung lingkungan.

Ketersedian oksigen terlarut dalam kolom air perairan pesisir ditentukan oleh selisih antara konsentrasi O_2 terlarut di dalam kolom air perairan pesisir ($O_{\text{kolom air}}$) dan konsentrasi O_2 terlarut minimal yang dikehendaki dalam sistem budidaya (O_{budidaya}). Jika diketahui volume total air yang tersedia di perairan pesisir sebesar $V_{\text{tot}} \text{ m}^3$, maka total oksigen terlarut (O_2) yang tersedia di perairan pesisir selama periode 24 jam (1.440 menit/hari) adalah :

$$\begin{aligned} \text{Total oksigen } (O_2) &= V_{\text{tot}} (\text{m}^3) / \text{min} \times 1440 \text{ min/hari} \times (O_{\text{ka}} - O_{\text{aq}}) \text{ gO}_2 / \text{m}^3 \\ &= C \text{ g O}_2 / \text{hari} \\ &= \frac{C \text{ g O}_2 / \text{hari}}{1000} \\ &= C \end{aligned}$$

Dimana :

- V_{tot} = volume total air perairan pesisir tersedia (m^3/min)
 O_{ka} = kandungan oksigen terlarut dalam kolom air perairan pesisir (mg/l)
 O_{aq} = kadar oksigen minimal yang dibutuhkan organisme (mg/l)
 1.440 = jumlah menit dalam satu hari (24 jam)
 C = jumlah oksigen terlarut yang tersedia diperairan pesisir ($kgO_2/hari$)

Oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk menguraikan beban limbah organik yang masuk dan berada di perairan pesisir adalah $0.2 \text{ kg } O_2 / \text{kg}$ limbah organik (Willioghby, 1968 diacu dalam Meade 1989). Berdasarkan hal ini, maka jumlah limbah organik yang dapat ditampung oleh perairan pesisir tanpa melampaui daya dukung lingkungan diformulasikan :

$$D = \frac{C}{0.2}$$

Jika diketahui jumlah limbah organik per kg organisme = E, maka kapasitas produksi budidaya udang sesuai dengan daya dukung lingkungan :

$$F = \frac{D}{E}$$

Dimana :

- D = jumlah limbah organik yang dapat ditampung oleh perairan pesisir (kg/hari)
 F = produksi udang sesuai dengan daya dukung lingkungan (kg)

c. Metode Pendekatan 3

Pendugaan daya dukung lingkungan berdasarkan kapasitas asimilasi perairan terhadap limbah nitrogen dan fosfor. Metode ini didasarkan pada kemampuan perairan pesisir untuk menerima beban limbah tanpa menyebabkan perairan pesisir tersebut tercemar. Parameter limbah yang digunakan sebagai acuan dalam penentuan daya dukung ini adalah nitrogen dan fosfor. Kriteria kelayakan kualitas air yang diperkenankan atau diperbolehkan untuk kegiatan budidaya untuk limbah nitrogen 1.0 mg/l dan fosfor 0.5 mg/l (Meade 1989; Poernomo 1992; Wedmeyer 1996; Boyd 1998; Widigdo 2002). Total limbah

nitrogen (TN) dan fosfor (TP) yang berasal dari kegiatan budidaya tambak udang dan kegiatan selain budidaya tambak udang/*antropogenik* yang masuk ke lingkungan perairan pesisir di formulasikan :

Total beban limbah nitrogen (TN) :

$$TN = TN_a + TN_{st} + TN_{tu}$$

Total beban limbah fosfor (TP) :

$$TP = TP_a + TP_{st} + TP_{tu}$$

Dimana :

- TN = total nitrogen (ton)
- TP = total fosfor (ton)
- TN_a = total nitrogen ambien (ton)
- TP_a = total fosfor ambien (ton)
- TN_{tu} = total nitrogen tambak udang
- TP_{tu} = total fosfor tambak udang (ton)
- TN_{st} = total nitrogen selain tambak udang/*antropogenik* (ton)
- TP_{st} = total fosfor selain tambak udang/*antropogenik* (ton)

Total limbah nitrogen ambien (TN_a) dan fosfor ambien (TP_a)

dapat dihitung:

Total limbah nitrogen ambien (TN_a) :

$$TN = (N_{a\ hp} \times V_{tot}) \times 10^{-6}$$

Total limbah fosfor ambien (TP_a)

$$TP_a = (P_{hp} \times V_{tot}) \times 10^{-6}$$

Dimana :

- TN_a = total limbah nitrogen ambient diperairan (ton)
- TP_a = total limbah fosfor ambient diperairan (ton)
- NH_{hp} = konsentrasi total nitrogen hasil pengukuran (mg/l)
- PH_p = konsentrasi total fosfor hasil pengukuran (mg/l)
- V_{tot} = volume total air perairan pesisir (m³)

Jika diketahui setiap ton produksi udang menghasilkan beban limbah (kg

N) dan beban limbah (kg P) sebesar :

$$b = \frac{LN}{a} \text{ dan } c = \frac{Lp}{a}$$

Maka kapasitas produksi berdasarkan beban limbah nitrogen dan fosfor dapat ditentukan :

Kapasitas produksi berdasarkan beban limbah nitrogen :

$$KN = \frac{TN}{b}$$

$$KP = \frac{TP}{c}$$

Dimana :

- TN = total nitrogen (ton)
- TP_a = total fosfor (ton)
- b = limbah nitrogen (kg/ton udang /ha)
- KN = kapasitas produksi setelah ada masukan limbah nitrogen (ton)
- KP = kapasitas produksi setelah ada masukan limbah fosfor (ton)
- LN = limbah nitrogen tambak udang (kg)
- LP = limbah fosfor tambak udang (kg)
- b = produksi udang ton/ha)

Selanjutnya, jika volume perairan pesisir diketahui sebesar V_{tot} , maka

konsentrasi total limbah nitrogen dan fosfor di perairan pesisir : Konsentrasi total limbah nitrogen:

$$CTN = \frac{TN}{V_{tot}} \times 10^6$$

Konsentrasi total limbah fosfor :

$$CTP = \frac{TP}{V_{tot}} \times 10^6$$

Dimana :

- TN_a = total limbah nitrogen ambien (ton)
- TP_a = total limbah fosfor ambien (ton)
- b = limbah nitrogen (kg/ton udang /ha)
- KN_{kbb} = kapasitas produksi udang sesuai dengan kemampuan asimilasi perairan terhadap nitrogen berdasarkan nilai kelayakan kualitas air N untuk budidaya (ton) kapasitas produksi setelah ada masukan limbah nitrogen (ton)
- KP_{kbb} = kapasitas produksi udang sesuai dengan kemampuan asimilasi perairan terhadap fosfor berdasarkan nilai kelayakan kualitas air P untuk budidaya (ton)
- Y = limbah nitrogen (kg/ton udang/ha)
- Z = limbah fosfor (kg/ton udang/ha)

Setelah diketahui kapasitas produksi berdasarkan beban limbah nitrogen dan phosphor yang masuk dan berada di lingkungan perairan pesisir, kemudian dilanjutkan dengan penghitungan pendugaan konsentrasi dan kapasitas produksi yang masih diperkenankan atau ditolerir berdasarkan kapasitas asimilasi perairan pesisir terhadap beban limbah nitrogen dan phosphor.

4.7.1. Pendugaan konsentrasi nitrogen dan phosphor serta kapasitas produksi yang masih di perkenankan atau ditolerir berdasarkan kapasitas asimilasi perairan pesisir terhadap beban limbah nitrogen dan phosphor

Kapasitas asimilasi perairan terhadap beban limbah nitrogen berdasarkan nilai kelayakan kualitas air (kkb) untuk budidaya sebesar

$$TN_{kkb} = CN_{kkb} \times V_{tot} \times 10^{-6}$$

Sedangkan kapasitas asimilasi perairan terhadap beban limbah phosfor berdasarkan nilai kelayakan kualitas air (kkb) sebesar :

$$TP_{kkb} = CP_{kkb} \times V_{tot} \times 10^{-6}$$

Dimana :

- CN_{kkb} = konsentrasi nitrogen berdasarkan nilai kelayakan kualitas air N untuk budidaya (mg/l)
- CP_{kkb} = Konsentrasi phosfor berdasarkan nilai kelayakan kualitas air P untuk budidaya (mg/l)
- V_{tot} = volume total air perairan pesisir (m^3)
- TN_{kkb} = total limbah nitrogen yang mampu diasimilasi oleh perairan berdasarkan nilai kelayakan kualitas air N untuk budidaya (ton)
- TP_{kkb} = total limbah phosfor yang mampu diasimilasi oleh perairan berdasarkan nilai kelayakan kualitas air P untuk budidaya (ton)
- kkb = nilai kelayakan kualitas air yang diperkenankan atau diperbolehkan untuk budidaya untuk N (TN) sebesar 1.0 mg/l dan P (TP) sebesar 0.5 mg/l.

Kapasitas produksi berdasarkan kemampuan asimilasi perairan terhadap beban limbah N berdasarkan nilai kelayakan kualitas air untuk budidaya (kkb) sebesar

$$\frac{TN_{kkb}}{Z} \times KN_{kkb}$$

Sedangkan kapasitas produksi berdasarkan kemampuan asimilasi perairan terhadap beban limbah P berdasarkan nilai kelayakan kualitas air untuk budidaya (kkb) sebesar :

$$\frac{TP_{kkb}}{Z} \times KP_{kkb}$$

Dimana :

- TN_a = total limbah nitrogen ambien (ton)
 TP_a = total limbah fosfor ambien (ton)
 KN_{kkb} = kapasitas produksi udang sesuai dengan kemampuan asimilasi perairan terhadap nitrogen berdasarkan nilai kelayakan kualitas air N untuk budidaya (ton)
 KP_{kkb} = kapasitas produksi udang sesuai dengan kemampuan asimilasi perairan terhadap fosfor berdasarkan nilai kelayakan kualitas air P untuk budidaya (ton)
 Y = limbah nitrogen (kg/ton udang/ha)
 Z = limbah fosfor (kg/ton udang/ha)

Konsentrasi nitrogen yang masih dapat di tolerir atau masih diperkenankan berdasarkan kemampuan asimilasi perairan sebesar :

$$CN_d = CN_{kkb} - CTN$$

Sedangkan konsentrasi fosfor yang masih dapat ditolerir atau diperkenankan berdasarkan kemampuan asimilasi perairan sebesar :

$$CP_d = CP_{kkb} - CTP$$

Dimana :

- CN_d = konsentrasi nitrogen yang masih ditolerir atau masih di perkenankan (mg/l)
 CN_{kkb} = konsentrasi nitrogen berdasarkan nilai kelayakan kualitas air N untuk budidaya (mg/l)
 CP_{kkb} = konsentrasi fosfor berdasarkan nilai kelayakan kualitas air P untuk budidaya (mg/l)
 CTN = konsentrasi total limbah nitrogen (mg/l)
 CTP = konsentrasi total limbah fosfor (mg/l)

Kapasitas produksi yang masih diperkenankan berdasarkan kemampuan asimilasi perairan terhadap beban limbah nitrogen (TN) sebesar:

$$KPN = KN_{kkb} - KN$$

Sedangkan kapasitas produksi yang masih diperkenankan berdasarkan kemampuan asimilasi perairan terhadap beban limbah fosfor (TP) sebesar :

$$KPP = KP_{kbb} - KP$$

Dimana :

- KN_{kbb} = kapasitas produksi berdasarkan nilai kelayakan kualitas air N untuk budidaya (ton)
- KN = kapasitas produksi setelah ada masukan limbah nitrogen (ton)
- KPN = kapasitas produksi yang masih diperkenankan berdasarkan kemampuan asimilasi perairan terhadap nitrogen (ton)
- KP_{kbb} = kapasitas produksi berdasarkan nilai kelayakan kualitas air P untuk budidaya (ton)
- KP = kapasitas produksi setelah ada masukan limbah fosfor (ton)
- KPP = kapasitas produksi yang masih diperkenankan berdasarkan kemampuan asimilasi perairan terhadap fosfor (ton)

4.8. Analisis Distribusi Spasial

Analisis distribusi spasial dilakukan untuk melihat pola sebaran bahan organik di wilayah pesisir kabupaten Lamongan. Tahap ini diawali dengan memplotkan titik-titik lokasi pengambilan sampel air dan tanah pada peta administrasi Kabupaten Lamongan skala 1:50.000 dan memasukkan data aktual dan data awal yang tersedia. Spasialisasi data dilakukan dengan menggunakan *Arc GIS (Arc Map)* dengan metode IDW (*Inverse Distance Weighted*). IDW merupakan metode deterministik yang sederhana dengan mempertimbangkan titik disekitarnya. Asumsi dari metode ini adalah nilai interpolasi akan lebih mirip pada data sampel yang dekat daripada yang lebih jauh. Bobot (*weight*) akan berubah secara linier sesuai dengan jaraknya dengan data sampel. Bobot ini tidak akan dipengaruhi oleh letak dari data sampel. IDW mengasumsikan bahwa setiap titik ukuran mempunyai pengaruh lokal yang berkurang dengan jarak, didalam analisa spasial baik dalam format raster maupun vektor diperlukan data yang meliputi seluruh studi area. Proses interpolasi perlu dilakukan untuk mendapatkan nilai diantara titik sampel. Hal ini bertujuan agar dalam perbandingan nilai dari titik observasi dan titik model bisa berimbang (Pramono dan Gatot, 2008)

5. KONDISI UMUM LOKASI PENELITIAN

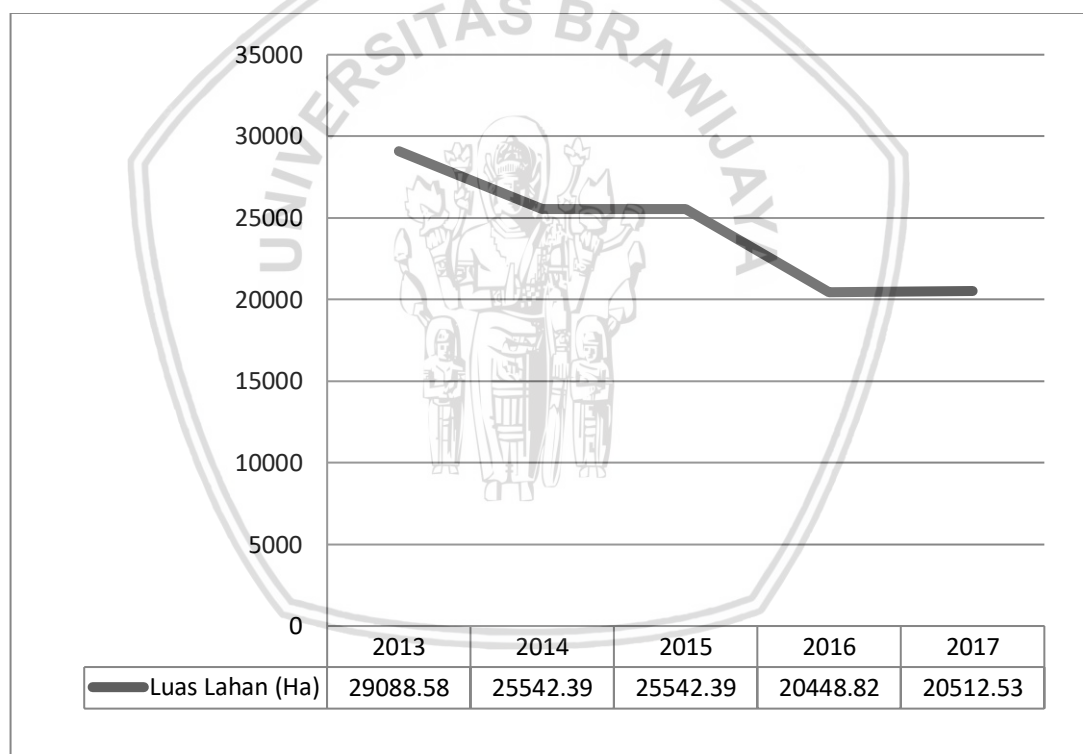
5.1. Kondisi Umum Wilayah Pesisir Kabupaten Lamongan

Kabupaten Lamongan merupakan salah satu kabupaten yang terletak di Provinsi Jawa Timur. Secara geografis Kabupaten Lamongan Terletak pada posisi 112° 33' - 112° 34 Bujur Timur dan 6° 51 - 7° 23' Lintang Selatan, dengan panjang garis pantai \pm 47 km yang membentang sepanjang pantai utara mulai dari Kecamatan Paciran sampai dengan Kecamatan Brondong. Sehingga luas wilayah perairan laut kabupaten Lamongan sekitar 902,4 km², jika dihitung dari permukaan laut. Secara administratif Kabupaten Lamongan memiliki batas wilayah sebagai berikut :

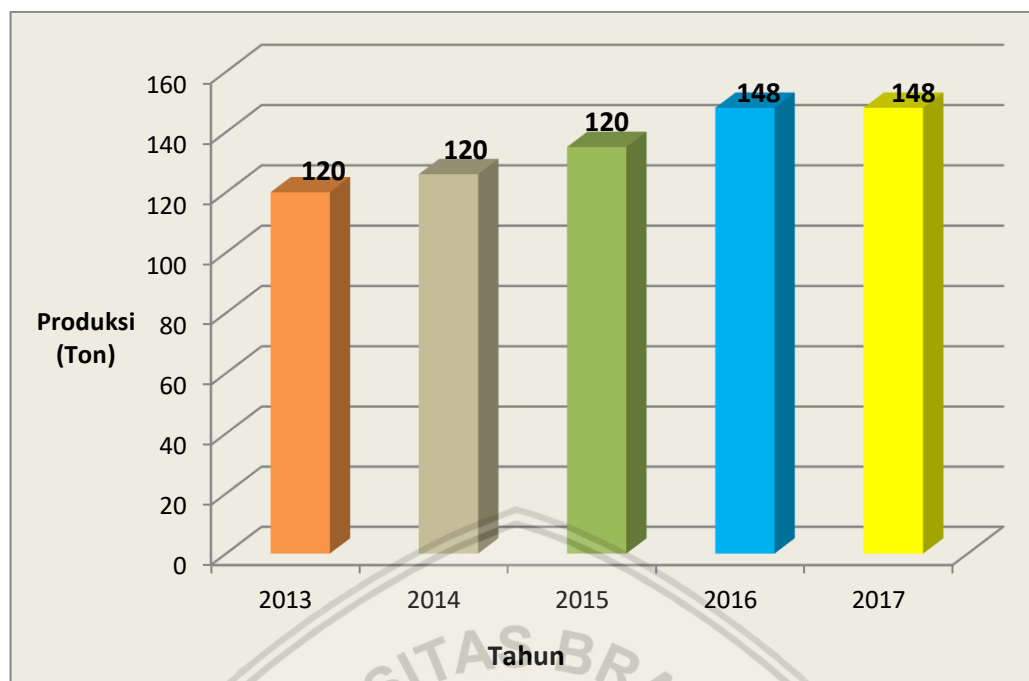
- Sebelah Utara : Laut Jawa
- Sebelah Selatan : Kabupaten Jombang dan Mojokerto
- Sebelah Timur : Kabupaten Gresik
- Sebelah Barat : Kabupaten Tuban dan Bojonegoro

Seperti juga daerah tropis lainnya, Kabupaten Lamongan beriklim Tropis dengan 2 musim, yaitu musim penghujan dan musim kemarau. Secara topografi dapat ditinjau dari ketinggian wilayah diatas kelerengan lahan dan permukaan laut, terdiri dari bonorowo dan daratan rendah yang memiliki tingkat ketinggian 0-25 meter seluas 50,17%, sedangkan untuk ketinggian 25-100 meter seluas 45,68%, selebihnya 4,15% memiliki ketinggian diatas 100 meter diatas permukaan laut. Sedangkan jika ditinjau dari dari tingkat kemiringan tanahnya merupakan wilayah yang tergolong datar, dimana sekitar 72,5% tanahnya merupakan daerah datar dengan tingkat kemiringan 0-2% dan hanya sebagian kecil sekitar 0,16% yang sangat curam dimana memiliki tingkat kemiringan lahan 40% lebih.

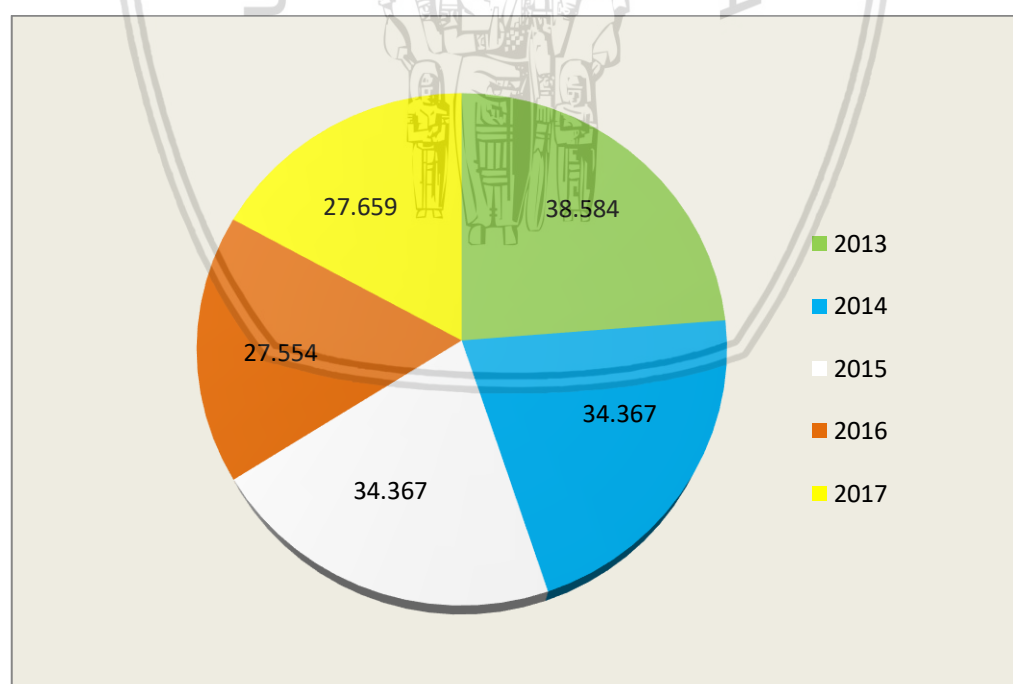
Luas lahan perikanan budidaya di Kabupaten Lamongan pada tahun 2017 sebesar 20.512,53 Ha (Gambar 9), yang meliputi perikanan budidaya air payau atau tambak, budidaya air tawar, perikanan kolam dan perikanan sawah tambak. (Dinas Perikanan dan Kelautan, 2018). Untuk total produksi budidaya tambak udang vanname pada tahun 2015 sebesar 13.566.300 tahun 2016 sebesar 14.880.662 hal ini meningkat dibandingkan pada tahun sebelumnya, tetapi pada tahun 2017 produksi budidaya udang vanname mengalami penurunan sebesar 14.858.418 (Gambar10). Sedangkan banyaknya rumah tangga perikanan (RTP) di Kabupaten Lamongan disajikan pada Gambar 11.



Gambar 9. Luas Lahan Budidaya Perikanan di Kabupaten Lamongan tahun 2013 sampai 2017 (Sumber : Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Lamongan 2018)



Gambar 10. Total produksi budidaya tambak udang di Kabupaten Lamongan (tahun 2013 s/d 2017) (Sumber : Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Lamongan)



Gambar 11. Jumlah Rumah Tangga Perikanan (RTP) (Sumber : Dinas Perikanan dan Kelautan dalam Angka 2018)

Selain itu, wilayah pesisir Kabupaten Lamongan merupakan wilayah yang sangat ideal untuk dikembangkan karena sebagian besar pengelolaannya belum dilakukan secara optimal. Selain itu daerah Kabupaten Lamongan juga merupakan daerah yang strategis untuk perhubungan antar wilayah. Tata kelola ruang Kabupaten Lamongan sudah dibuat sedemikian rupa seperti halnya kota dan kabupaten lain yang tertulis dalam peraturan daerah Kabupaten Lamongan tentang Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kabupaten Lamongan UU No 26 Tahun 2007 tentang penataan ruang pada pasal 25 dan pasal 26. Produk peikanan budidaya di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan meliputi budidaya udang vanname, kerapu dan Ikan Bandeng. Kawasan di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan yang terdiri dari dua Kecamatan Paciran dan Kecamatan Brondong merupakan kawasan yang memiliki tingkat intensitas pengembangan budidaya peikanan yang cukup tinggi. Peta RTRW Kabupaten Lamongan dapat dilihat pada Lampiran 2.

5.2. Kondisi Pertambakan

5.2.1. Karakteristik lahan

Lahan pertambakan di Kabupaten Lamongan tergolong tanah aluvial non sulfat masam dengan sumber air utama untuk pertambakan berasal dari laut, Sungai Bengawan Solo, Sungai Kali Lamong dan percabangannya, serta air tanah. Kabupaten Lamongan memiliki 27 kecamatan, yang dilakukan karakterisasi di lahan budidaya tambak 13 kecamatan, terdiri atas 2 kecamatan memiliki lahan budidaya tambak air payau yaitu di Kecamatan Paciran dan Brondong, serta 11 kecamatan memiliki lahan budidaya tambak air tawar (sawah tambak) yaitu di Kecamatan Glagah, Karangbinangun, Lamongan, Turi, Sukodadi, Babat, Karanggeneng, Kalitengah, Deket, Sekaran, dan Maduran. Apabila dilihat kembali sebelumnya bahwa lahan merupakan suatu ekosistem

biofisik yang penyusunnya terdiri atas topografi, tanah, hidrologi, vegetasi, dan iklim.

5.2.2. Topografi umum wilayah penelitian

Pada umumnya kawasan pesisir Kabupaten Lamongan memiliki topografi yang relatif rendah dan datar serta lahannya membentang dari wilayah Utara dekat laut sampai ke daratan wilayah Selatan. Lahan di wilayah Utara terdapat pertambakan air payau yang letaknya berhadapan langsung dengan Laut Jawa, perairan lautnya terbuka dan relatif dangkal.

Tambak yang dibangun di daerah pesisir Kabupaten Lamongan di lahan dekat laut hasil konversi lahan mangrove, airnya payau hingga asin, sumber air utama tambak berasal dari laut dan air tanah, sebagian besar untuk budidaya tambak udang vaname intensif. Sedangkan Tambak yang dibangun di lahan jauh dari laut hasil konversi lahan sawah dan rawa, airnya tawar, sumber air utama tambak berasal dari Sungai Bengawan Solo dan Sungai Kali Lamong. Secara umum Lahan pesisir memiliki topografi relatif rendah dan datar serta elevasinya landai, serta desain dan tata letak tambak dekat dengan pemukiman masyarakat sehingga memudahkan aksesibilitas dalam menjangkau lokasi tambak udang vanname.

5.2.3. Topografi lahan

Topografi lahan pesisir Kabupaten Lamongan sebagian besar relatif datar dan elevasinya rendah. Wilayah dataran rendah tersebut membentang dari Utara ke Selatan, sebagian di wilayah tengahutara terdapat lahan rawa, dibagian Selatan serta Utara terdapat sebagian lahan pegunungan batu kapur. Kabupaten Lamongan memiliki wilayah dataran rendah ,tengah Utara sampai tengah Selatan berupa lahan pertambakan yang sangat luas, airnya tawar (0,12-0,46 ppt) dan sebagian besar berasal dari konversi sawah, sedangkan di wilayah

dataran rendah utara berupa lahan pertambakan air payau yaitu di Kecamatan Paciran (18,89-18,98 ppt) dan Brondong (20,02-26,11 ppt). Sumber air utama untuk kegiatan budidaya tambak air payau yaitu menggunakan air laut dan air tanah. Saat ini lahan pertambakan air payau di Kabupaten Lamongan dikelola secara tradisional dan tradisional plus dengan komoditas budidayanya yaitu bandeng, udang windu, udang vaname, kerapu, kecuali udang vaname sebagian besar dikelola dengan teknologi intensif.

5.2.4. Vegetasi

Jenis vegetasi mangrove yang berada di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan terdapat 11 jenis, 6 marga, dan 4 suku, sedangkan vegetasi daratannya berjumlah 12 jenis, 12 marga, dan 8. Dari 12 jenis vegetasi daratan, terdapat 6 jenis vegetasi daratan yang mampu beradaptasi dan tumbuh di lahan dekat laut seperti *Hibiscus* sp., *Pluchea* sp., *Leucaena* sp., *Sesbania* sp., *Ricinus* sp., dan *Jatiopha* sp. Jenis vegetasi mangrove di tepi laut didominasi oleh *Rhizophora* sp. dan *Sonneratia* sp., sedangkan jenis vegetasi mangrove di kawasan lahan tambak didominasi oleh *Avicennia* sp., *Aegiceras* sp., *Ceriops* sp., dan *Bruguiera* sp. Terdapat 6 marga vegetasi mangrove yang halopitik yaitu memiliki kemampuan untuk tumbuh dalam tanah dasar perairan yang asin dan termasuk dalam vegetasi berbunga yaitu *Avicennia* sp., *Sonneratia* sp., *Rhizophora* sp., *Bruguiera* sp., *Ceriops* sp., dan *Aegiceras* sp., serta didapatkan 3 marga vegetasi mangrove yang memiliki kemampuan untuk beradaptasi dalam tanah dasar perairan yang berkadar oksigen rendah bahkan anaerob yaitu *Avicennia* sp., *Sonneratia* sp., dan *Rhizophora* sp.

6. HASIL DAN PEMBAHASAN

6.1. Kelayakan Lahan Tambak Dalam Evaluasi Budidaya Udang vanname

6.1.1. Kualitas Tanah

Kualitas tanah merupakan persyaratan yang sangat penting dan memegang peranan dalam menentukan baik tidaknya tanah untuk pemanfaatan lahan sebagai budidaya tambak udang vanname. Kualitas tanah juga digunakan untuk mendeskripsikan berbagai sifat-sifat fisik kimia tanah yang mendukung tanah untuk melakukan fungsinya, kualitas tanah juga dapat digunakan sebagai alat evaluasi dari pengolahan tanah secara kuantitatif. Tanah yang baik adalah tanah yang mampu menyediakan unsur hara untuk pakan alami, serta mampu menahan air. Salah satu parameter kualitas tanah yang digunakan sebagai indikator syarat minimal untuk budidaya tambak udang seperti tekstur tanah, pH tanah, kandungan bahan organik, unsur hara dan kandungan Fe.

Sedangkan parameter pendukung kualitas tanah seperti ; KTK, unsur makro (K, Ca, Na, Mg) dan Redoks Potensial. Hasil analisis kualitas tanah tambak pasca produksi budidaya tambak udang vanname serta kualitas substrat tanah dasar perairan pantai di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan disajikan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Parameter kualitas substrat tanah perairan pesisir

Parameter	Satuan	Kedalaman Tanah (0 – 20 cm)		Nilai yang direkomendasikan (*)
		Kecamatan Paciran	Kecamatan Brondong	
BO-(C Organik	%	2,19*	1,25*	4 – 20 %
P ₂ O ₅	mg/l	42*	38*	30 – 60 mg/l
N- Total	%	0,02*	0,03*	0.4 – 0.75

Sumber : Hasil analisis laboratorium tanah dan sumber daya lahan Universitas Trunojoyo Madura dan Laboratorium tanah Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Malang (2018) ; Ket : *) Poernomo (1992) ; Widigdo (2002) ; Taslihan A *et al.* ,(2003)

Tabel 7. Parameter Kualitas Tanah Tambak Pasca Produksi Budidaya

Parameter	Satuan	Kedalaman Tanah (0 – 20 cm)		Nilai Yang direkomendasikan *)
		Kecamatan Paciran	Kecamatan Brondong	
BO-(C Organik	%	5,22*	1,41*	4 – 20%
P ₂ O ₅	mg/l	209	293	30 – 60 mg/l
N- Total	%	0,20*	0,09*	0.4 – 0.75
KTK	me/100 g	19,42*	18,81*	>20 me/100 g
K	me/100 g	1,60	0,57*	0.5 – 1.0 me/100 g (> 500 mg/l)
Ca	me/100 g	<0,0001	<0,0001	5.0 – 20.0 me/100 g (> 1.200 mg/l)
Na	me/100 g	8,39	8,10	0.7 – 1.0 me/100 g
Mg	me/100 g	2,10*	2,10*	1.0 – 8.0 me/100 g
Potensial Redoks	meV	-85*	-100*	+10 meV (-) + 50 meV
Fe Total	%	2,2	1,4*	<2%
pH (H ₂ O) 1:5	-	8,44	8,68	5 – 6,5
Tekstur Tanah	-	Lempung berliat	Lempung	-
Fe	%	1.47*	1.40*	<2%

Sumber : Hasil analisis laboratorium tanah dan sumber daya lahan Universitas Trunojoyo Madura dan Laboratorium tanah Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Malang (2018). Ket : *) Poernomo (1992) ; Widigdo (2002) ; Taslihan A *et al.* , (2003)

Penjelasan masing – masing parameter hasil analisis kualitas tanah tambak udang vanname di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan sebagai berikut:

6.1.1.1. pH Tanah

pH tanah adalah logaritma negatif dari konsentrasi ion-ion H bebas dalam larutan tanah atau $-\log_{10} (H^+)$. Apabila kadar H^+ lebih besar dari ion OH^- maka akan bereaksi asam begitu juga sebaliknya jika keadaan ion OH^- lebih tinggi dari H^+ maka akan bereaksi basah atau alkali (Sarief, 1986). Hasil penelitian pada Tabel 7, terlihat bahwa nilai $pH_F (H_2O)$ yang cukup tinggi, baik tanah tambak di kecamatan Paciran maupun di Kecamatan Brondong yaitu masing-masing sebesar 8.44 dan 8.68. Selisih nilai pH di dua kecamatan paciran dan Kecamatan Brondong sangat kecil dan relatif sama. Selisih nilai digunakan untuk menentukan potensi kemasaman tanah. Semakin besar nilai selisihnya, semakin tinggi nilai potensi kemasamannya. Rendahnya potensi kemasaman tanah sangat ditentukan oleh rendahnya kandungan hasil akumulasi bahan organik

yang didapatkan. Hasil pengukuran menunjukkan nilai parameter pH_F (H_2O) tanah tambak masih layak untuk budidaya tambak udang sesuai dengan nilai yang direkomendasikan yaitu 5.0 – 8.5 (Ilyas *et al.*1987; Boyd dan Musig 1992; Poernomo 1992; Baliao 2000; Taslihan *et al.*2003).

Tanah tambak dengan pH antara 5.0 – 8.5 digolongkan oleh Karthik *et al.* (2005) sebagai *slight* karena nilai pH tanah tersebut tergolong baik dan penghambatnya sangat mudah sekali diatasi (Pantjara dan Sahib 2008; Mustafa dan Rachmansyah 2008). Tanah yang produktif untuk dijadikan tambak adalah tanah yang mempunyai pH netral sampai basa, dimana tanah seperti ini kaya akan garam nutrien yang dapat merangsang pertumbuhan pakan alami, pH tanah berpengaruh terhadap kesuburan air tambak.

6.1.1.2. Tekstur Tanah

Tekstur tanah biasa juga disebut besar butir tanah dan termasuk salah satu sifat tanah yang paling sering ditetapkan. Hal ini disebabkan karena tekstur tanah berhubungan erat dengan dengan pergerakan air, zat terlarut, udara, pergerakan panas, berat volume tanah, luas permukaan (*specific surface*), kemudahan tanah memadat (*compressibility*) (Hilel, 1982). Hasil analisis tekstur tanah pada kedalaman 0-20 cm cukup bervariasi, mulai dari liat, lempung, lempung berliat, lempung berdebu, lempung liat berpasir sampai liat berpasir. Tekstur tanah tersebut didominasi oleh fraksi liat, lempung, dan debu yang berasal dari hulu sungai, sedangkan fraksi pasir berasal dari laut. Tekstur tanah sangat menentukan tingkat porositas tambak dan sebagai tempat tumbuhnya pakan alami udang. Tekstur tanah tambak yang baik untuk budidaya udang yaitu liat, lempung, lempung berliat, lempung liat berdebu, lempung berdebu, dan lempung liat berpasir (Ilyas *et al.*, 1987). Pada umumnya tanah tambak di wilayah

pesisir Kabupaten Lamongan memiliki kandungan liat dan lempung yang sangat tinggi serta debu dan pasir yang relatif sedikit.

Material tanah yang ideal untuk konstruksi tambak terdiri atas campuran partikel yang berbeda ukurannya dengan kandungan minimum 30% liat (Boyd, 1995). Kondisi struktur tanah seperti ini masih dapat dilakukan pembuatan konstruksi tambak serta saluran irigasi, dengan syarat pematang tambak dan saluran irigasi harus dibuat lebih lebar (Mustafa dan Rachmansyah 2008; Afrianto dan Liviawaty 1991; Taslihan *et al.* 2003). Selain itu, dipergunakan juga konstruksi penahan pematang tambak. Pada tambak udang intensif, penguatan konstruksi pematang tambak dapat mempergunakan bilah – bilah bambu atau semen yang ditempatkan pada sisi bagian dalam dan luar pematang tambak. Penguatan ini dimaksudkan agar tambak dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama.

6.1.1.3. C-Organik Tanah

Hasil pengukuran kandungan C-Organik tanah tambak kedalaman (0 – 20 cm) berkisar 1.41% - 5.22%. Kandungan bahan organik tanah yang tinggi (5,22%), didapatkan di tambak Kecamatan Paciran. Tanah tambak di Kecamatan tersebut bukan merupakan tanah gambut karena kandungan bahan organiknya jauh lebih rendah dari 20% dan apabila kandungan bahan organik tanah lebih dari 20% tergolong tanah gambut. Sedangkan hasil pengukuran substrat tanah dasar perairan wilayah pesisir Kabupaten Lamongan berkisar 1.25% - 2.19%. Menurut Boyd (2002), kandungan bahan organik tanah yang baik untuk tambak berkisar 1,7%-5,2%. Kandungan bahan organik tanah yang rendah disertai dengan kandungan N-total yang sangat rendah berdampak pada tingginya rasio C:N tanah tambak. Rasio C:N yang ideal untuk tambak berkisar 8:1- 12:1 (Boyd, 2008). Pada tanah tambak dengan rasio C:N tinggi, dapat menghambat aktivitas

mikrobiologi tanah dalam proses transformasi nitrogen untuk memenuhi kebutuhan metabolismenya.

Kandungan bahan organik tanah tambak ini masih layak untuk budidaya udang berdasarkan nilai yang direkomendasikan yaitu 4.0 – 20.0 % (Poernomo 1992; Widigdo 2002). Pada tambak yang nilai kandungan bahan organiknya masih rendah masih diperlukan penambahan pupuk organik sedangkan pada tambak yang nilai kandungan bahan organiknya sudah layak atau sesuai, tidak diperlukan lagi penambahan pupuk organik. Keberadaan bahan organik tanah dapat meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) serta daya serap tanah terhadap basa – basa (Soepardi 1983; Hanafiah 2004).

Kandungan bahan organik tanah sangat mempengaruhi pertumbuhan algae dasar, karena merupakan sumber nitrogen, dimana semakin tinggi kandungan bahan organik tanah maka semakin tinggi pula jumlah nitrogen yang terdapat dalam tanah sehingga pertumbuhan algae dasar akan semakin baik. Tetapi di sisi lain, kandungan bahan organik tanah yang berlebihan dapat membahayakan komoditas yang dibudidayakan, karena dalam proses penguraian algae dasar yang mati selalu membutuhkan oksigen dan akibatnya akan menimbulkan gas beracun seperti CO₂, H₂S, dan NH₃ (Boyd 1995).

6.1.1.4. Redoks Potensial

Potensial redoks tanah merupakan gambaran kondisi tanah tambak saat tereduksi atau teroksidasi. Hasil analisis potensial redoks tanah tambak di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan pada lapisan atas tanah dasar sampai kedalaman 20 cm bermuatan negatif (tereduksi), yaitu 85 - -100 meV artinya pada lapisan tanah dasar tambak sampai kedalaman 0 - 20 cm terjadi pembusukan akibat kurang maksimalnya pada saat pengeringan. Kondisinya anaerob, berlumpur hitam, dan juga adanya senyawa beracun yang dapat mematikan udang. Kondisi tanah tambak yang baik adalah pada saat persiapan

lumpur hitam dibuang, tanah dasar tambak dikeringkan (teroksidasi), selanjutnya dikapur dengan kapur dolomit untuk memperbaiki sifat biofisik tanah, meningkatkan mineralisasi bahan organik dan menghilangkan senyawa-senyawa beracun berupa hidrogen sulfida (H_2S), amonia (NH_3), nitrit (NO_2), dan metan (CH_4).

Untuk mengembalikan kondisi tanah dasar tambak yang baik diperlukan nilai potensial redoks minimal + 50 mV dengan nilai pH 6,5 - 8,5 (Boyd *dalam* Widigdo, 2003). Pada tanah tambak intensif proses pengeringan serta pengolahan tanah dilakukan dengan baik, tetapi ada sebagian kecil tambak intensif proses pengeringan dan pengolahan tanah tidak dilakukan secara maksimal, sehingga tambak biasanya masih sisa tergenang air. Tanah tambak yang masih tergenang air menyebabkan pori – pori tanah terisi air sehingga kekurangan oksigen dan tanah cenderung bersifat reduktif. Apabila kondisi ini berlangsung lama akan menyebabkan terbentuknya besi ferro, sulfida, CO_2 dan asam organik yang dapat meracuni udang yang dibudidayakan.

Meningkatnya redoks potensial dalam tanah juga disebabkan juga oleh pengaruh O_2 atmosfer yang masuk ke dalam tanah, yang awalnya dalam keadaan tereduksi menjadi teroksidasi kembali, dimana kondisi ini menghasilkan H^+ dan merupakan sumber kemasaman tanah (Simpson dan Pedini 1985 diacu dalam Hanafiah 2005). Nilai redoks potensial pada tambak intensif di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan tergolong cukup baik untuk budidaya tambak udang yaitu berkisar -, dimana nilai redoks potensial yang sesuai untuk budidaya tambak udang yaitu +10 meV (-) + 50 meV (Taslihan *et al.* 2003; Widigdo 2002).

6.1.1.5. Pirit

Hasil pengukuran kandungan pirit tanah tambak (kedalaman 0 – 20 cm) bervariasi antara 1,4 – 2,2 %. Pirit terbentuk karena adanya besi dan bahan

organik tanah serta adanya sulfat yang diubah menjadi sulfida oleh mikroba (Pantjara dan Sahib 2008). Nilai kandungan pirit ini merupakan faktor ekstrim yang dapat membahayakan kehidupan organisme budidaya (Poernomo 1992). Hasil dari evaluasi pemanfaatan lahan tambak kandungan pirit tanah tambak di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan masih tergolong layak untuk budidaya tambak udang vanname.

6.1.1.6. Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Hasil pengukuran Kapasitas Tukar Kation (KTK) tanah tambak di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan yaitu berkisar antara 18.81 – 19.42 me/100 g. Nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) tanah tambak di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan masih tergolong cukup baik untuk budidaya udang berdasarkan nilai yang direkomendasikan yaitu > 20 me/100 g (Poernomo 1992; Widigdo 2002 ; Tabel 7). Unsur Kapasitas Tukar Kation (KTK) ini penting dalam budidaya tambak udang, karena menentukan kemampuan tanah dalam mengabsorpsi elektrolit – elektrolit, seperti NH_4^+ , sulfida, serta unsur-unsur lain yang bersifat racun yang membahayakan bagi organisme yang dibudidayakan.

6.1.1.7. Nitrogen Total dan Fosfor (P Tersedia)

Sumber utama unsur nitrogen (N) yang terdapat dalam tambak berasal dari bahan organik. Nitrogen (N) yang berasal dari bahan organik tidak dapat dimanfaatkan langsung oleh *algae* dasar (klekap), karena masih terbentuk senyawa kompleks seperti protein yang harus diuraikan terlebih dahulu sebelum dimanfaatkan langsung. Proses penguraian protein ini dilakukan oleh bakteri pembusuk menjadi asam amino. Adanya aktifitas bakteri amonifikasi dapat merubah asam amino menjadi ammonium. Senyawa ini akan larut dalam tanah dan membentuk ammonia (NH_3) yang kemudian diubah menjadi nitrit NO_2 oleh bakteri nitrosomonas dan selanjutnya menjadi nitrat (NO_3) dan akan diubah

kembali menjadi nitrogen (N) bebas. Ion nitrat (NO_3) inilah yang dimanfaatkan oleh *algae* dasar (klekap) untuk pertumbuhan. Apabila kondisi tanahnya *aerob*, nitrat yang telah terbentuk akan direduksi kembali oleh bakteri dinitrifikasi menjadi nitrit (NO_2) dan akan diubah kembali menjadi Nitrogen (N) bebas).

Selain dari bahan organik, sumber nitrogen dalam tanah dapat pula berasal dari nitrogen (N) bebas yang terdapat di udara. Masuknya nitrogen (N) bebas dari udara ke dalam biosfir adalah melalui perantaraan jasad mikro yang dapat mengikat nitrogen (N) langsung dari udara. Apabila jasad-jasad mikro ini mati, maka bakteri pembusuk akan menjadi aktif untuk membebaskan nitrogen (N) yang terdapat dalam jasad renik tersebut dan siklus peredaran nitrogen akan kembali ke udara. Hasil pengukuran kandungan nitrogen (N-total) substrat tanah perairan pesisir berkisar antara 0.002 – 0.3 sedangkan hasil pengukuran tanah tambak (kedalaman 0 – 20 cm) berkisar antara 0.09 – 0.20 % (Tabel 7).

Kandungan nitrogen (N-total) tanah tambak di Kecamatan Brondong tergolong rendah atau kurang subur untuk budidaya udang dari nilai yang direkomendasikan yaitu 0.40 – 0.70 % (Poernomo 1992; Widigdo 2002). Karena itu, masih diperlukan pengolahan tanah serta pemberian pupuk untuk meningkatkan kandungan nitrogen (N-total) tanah. Sedangkan kandungan nitrogen di Tambak Kecamatan Paciran tergolong cukup tinggi hal ini baik untuk dilakukan proses produksi budidaya. Kandungan nitrogen merupakan salah satu petunjuk tingkat kesuburan tanah tambak, karena makin besar kandungan unsur nitrogen dalam tanah, maka semakin tinggi pertumbuhan *algae* dasar di tambak (Soepardi 1983; Effendi 2003; Hanafiah 2004).

Sedangkan kandungan fosfor (P_2O_5) substrat tanah perairan pesisir berkisar antara 3.8 – 4.2 mg/l sedangkan tanah tambak (kedalaman 0 – 20 cm) berkisar antara 209 - 293 mg/l (Tabel 7). Kandungan fosfor (P_2O_5) tanah tambak

di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan kurang baik, dimana kandungan fosfor yang sesuai atau ideal berkisar antara 30 – 60 mg/l. Ketersediaan fosfat lebih besar 60 mg/l dalam tanah tambak dapat digolongkan sebagai *slight* atau tergolong baik dengan faktor pembatas yang sangat mudah diatasi (Karthik *et al.* 2005).

6.1.1.8. Unsur Hara Makro (K, Ca, Na, dan MG)

Ketersediaan unsur hara makro seperti K, Ca, Na, dan Mg dalam tanah merupakan indikator tingkat kesuburan tanah. Hasil pengukuran kandungan Kalium (K) tanah tambak berkisar antara 0.57 – 1.60 me/100 g (Tabel 7). Nilai Kalium (K) tanah tambak di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan sebagian besar tergolong cukup tinggi untuk budidaya tambak udang dari nilai yang direkomendasikan yaitu 0.5 – 1.0 me/100 g (> 500 mg/l) (Poernomo 1992; Widigdo 2002). Sumber utama Kalium (K) berasal dari air laut yang masuk ke dalam tambak udang bersamaan dengan terjadinya waktu pasang. Kalium (K) ini dapat diserap oleh *algae* dasar dalam bentuk K^+ dari tanah, dimana fungsi utama Kalium (K) ini adalah untuk pembentukan karbohidrat dan khlorofil bagi *algae* dasar. Kandungan Kalium (K) dalam tanah tambak dapat digunakan untuk menduga produktivitas *algae* dasar di tambak.

Hasil pengukuran kandungan Kalsium (Ca) dalam tanah tambak berkisar antara 0.000 – <0.001 me/100 g (Tabel 8). Kandungan Kalsium (Ca) tanah tambak di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan tergolong kurang baik untuk budidaya tambak udang dari nilai yang direkomendasikan yaitu 5.0 – 20.0 me/100 g (>1.200 mg/l) (Poernomo 1992; Widigdo 2002). Ketersediaan Kalsium (Ca) ini akan berpengaruh langsung terhadap kualitas serta proses *moulting* (pergantian kulit) udang di tambak. Unsur Kalsium (Ca) ini akan dimanfaatkan juga oleh *algae* dasar dalam bentuk Ca^{++} . Hasil pengukuran kandungan Natrium (Na)

tanah tambak bervariasi antara 8.1 – 8.3 me/100 g (Tabel 8). Nilai Natrium (Na) yang diperoleh tergolong cukup tinggi bagi budidaya tambak udang dari nilai yang direkomendasikan yaitu 0.7 – 1.0 me/100 g.

Peningkatan unsur Natrium (Na) dalam tanah dapat merubah struktur tanah tambak dan selanjutnya juga dapat mempengaruhi pertumbuhan komoditas yang dibudidayakan (Giap *et al.* 2005). Sedangkan hasil analisis unsur Magnesium (Mg) diperoleh bervariasi antara 2.18 – 2.19 me/100g (Tabel 7). Nilai kandungan Magnesium (Mg) ini tergolong cukup baik untuk budidaya tambak udang dari nilai yang direkomendasikan yaitu 1.0 – 8.0 me/100 g (> 500 mg/l) (Poernomo 1992 ;Widigdo 2002).

6.2. Karakteristik Biogeofisik dan Kualitas Perairan Pesisir Lamongan

6.2.1. Kualitas Air

Kualitas air merupakan persyaratan yang sangat penting dan menjadi salah satu indikator yang menentukan keberhasilan kegiatan budidaya udang di tambak. Dalam budidaya udang di tambak, peran utamanya adalah sebagai media yang memberi ruang hidup sehingga udang dapat hidup layak. Apabila lingkungan dapat menyediakan kualitas air yang layak sesuai dengan kebutuhan udang, maka sintasan menjadi tinggi sehingga target produksi akan tercapai. Kualitas air ditentukan oleh variable-variabel penyusunnya. Beberapa variabel kualitas air yang penting dalam menentukan kelayakan bagi kehidupan udang yaitu; oksigen terlarut, Ph, Suhu, Salinitas bahan organik total, amoniak, nitrat, nitrit, kekeruhan serta BOD dan COD. Hasil pengukuran parameter kualitas air di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan sebagai berikut :

6.2.1.1. Suhu

Suhu air merupakan faktor lingkungan yang sangat berpengaruh langsung terhadap kehidupan organisme yang dibudidayakan melalui laju

metabolismenya dan berpengaruh terhadap daya larut gas-gas termasuk O₂ serta berbagai reaksi kimia lainnya. Suhu juga berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan dan sintasan udang yang dibudidayakan. Semakin tinggi suhu air, semakin besar konsumsi akan O₂ dan semakin kecil kelarutan oksigen dalam air, sedangkan kebutuhan oksigen bagi organisme semakin meningkat yang tingkat metabolismenya juga semakin tinggi (Mintardjo *et al.*, 1985). Kenaikan suhu bahkan akan mempercepat reaksi kimia 2 kali lipat (Utaminingsih, 1990), disamping itu peningkatan suhu juga dapat mengakibatkan kehidupan organisme terganggu (Nybakken 1992; 1998).

Upaya untuk mengatasi suhu tinggi adalah dilakukan cara penggantian air yang lebih sering atau penggantian air secara sirkulasi serta penggunaan kincir air pada tambak udang intensif. Selain itu dapat juga dilakukan dengan cara pendalaman caren pada saat persiapan tanah dasar tambak sebagai antisipasi agar air lebih dalam, sehingga tidak terjadi stratifikasi suhu. Suhu perairan dipengaruhi oleh suhu lingkungan sehingga suhu perairan ditentukan oleh kondisi iklim dan cuaca. Hasil pengamatan suhu di stasiun Tambak udang intensif, Sungai dan Perairan Pantai di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 8. Sedangkan pola sebaran spasial suhu disajikan pada Lampiran 3.

Tabel 8. Hasil Pengukuran kualitas air perairan pantai, sungai, tambak intensif

Parameter	Pukul (WIB)	Stasiun Pengukuran			Nilai Ambang Batas
		Perairan Pantai	Sungai	Tambak Intensif	
Suhu C°	06.00	29	29.2	29.6	21 – 32
	12.00	32.4	32.9	30.3	
	18.00	31.4	31.1	30.4	

Sumber : Hasil Pengukuran Lapang, (2018) ; Keterangan *) : Melampaui batas yang diperbolehkan untuk kegiatan budidaya tambak udang berdasarkan kriteria Boyd (1990), Poernomo (1992); Wedmeyer (1996); Widigdo (2002); Soewardi (2002); dan MenKLH (2004).

Dari hasil pengukuran parameter suhu di tambak udang intensif di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan menunjukkan kategori cukup baik untuk kegiatan

budidaya tambak udang vanname, masing-masing 27,1 C° dan 27,6 °C, sehingga suhu ini merupakan faktor pembatas kurang serius.

6.2.1.2. Derajat Keasaman (pH) Air

pH air atau derajat keasaman adalah jumlah ion hidrogen dalam perairan. Nilai pH menunjukkan asam atau basa suatu perairan dalam menentukan sifat serta laju reaksi biokimia dalam air. Nilai pH merupakan indeks dari keasaman dan kebasaaan air dan perubahanya dapat mempengaruhi proses kimia serta fungsi fisiologis (enzim). Tinggi rendahnya pH dipengaruhi oleh fluktuasi kandungan O₂ maupun CO₂ dalam air. Fluktuasi pH dalam air berhubungan dengan aktifitas fitoplankton serta tanaman air lainnya dalam memanfaatkan CO₂ selama proses fotosintesis. Secara alami pH dipengaruhi oleh kosentrasi CO₂ dan senyawa bersifat asam dimana pH air akan meningkat pada siang hari seiring dengan menurunnya kosentrasi CO₂. Hasil pengamatan pH air dari beberapa stasiun Tambak udang intensif, Sungai dan Perairan Pantai di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 9. Sedangkan pola sebaran spasial pH disajikan pada Lampiran 4.

Tabel 9. Hasil pengamatan kualitas air pH di perairan pantai, sungai, tambak intensif dan saluran pembuangan (*Outlet*)

Parameter	Stasiun	Stasiun Pengukuran				Nilai Ambang Batas
		Air Tambak	Outlet	Sungai	Perairan Pantai	
pH	Kecamatan Paciran	7.8	7.7	7.4	7.9	6.5 – 8.5
	Kecamatan Brondong	8.8*	8.4	8.1	7.8	

Sumber : Pengukuran lapang, (2018) ; Keterangan *) : Melampaui batas yang diperbolehkan untuk kegiatan budidaya tambak udang berdasarkan kriteria Boyd (1990), Poernomo (1992); Wedmeyer (1996); Widigdo (2002); Soewardi (2002); dan MenKLH (2004).

pH hasil pengukuran masih dalam kisaran yang sesuai untuk budidaya udang yaitu 6.5 – 8.5 dengan kisaran optimum 8.0 – 8.5 (Poernomo 1992; Widigdo 2002; MenKLH 2004). Sedangkan berdasarkan nilai optimum pH air

untuk budidaya udang menurut Wardoyo (1997), bahwa kondisi pH optimum untuk budidaya udang vanname berkisar antara 6,8 – 9,0, sehingga kondisi perairan dalam tambak masih dalam kondisi yang sesuai. pH air tertinggi didapatkan pada Tambak di Kecamatan Brondong yaitu pH 8,8, tingginya pH air tambak karena jenis tanahnya yang aluvial non sulfat masam dan kandungan bahan organik tanah relatif rendah. Kisaran pH air yang baik untuk budidaya udang vanname 7,5-8,5 dengan optimum 8,0-8,5 (Poernomo, 1988). Menurut Effendi (2003), sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7-8,5.

6.2.1.3. Oksigen Terlarut (DO)

Dissolve oxygen adalah oksigen yang terlarut dalam perairan, dengan satuan ppm yang mempunyai peranan penting dalam proses metabolik udang vanname yang dibudidayakan. Oksigen terlarut merupakan faktor pembatas dalam budidaya perairan sehingga jika ketersediannya dalam perairan tidak mencukupi maka akan berdampak pada organisme yang dibudidayakan. Hasil pengukuran kandungan oksigen terlarut dari beberapa stasiun Tambak udang intensif, Sungai dan Perairan Pantai di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 10. Sedangkan pola sebaran spasial oksigen terlarut disajikan pada Lampiran 5.

Tabel 10. Hasil pengamatan kualitas air oksigen terlarut di perairan pantai, sungai, tambak intensif dan saluran pembuangan (*Outlet*)

Parameter	Stasiun	Stasiun Pengukuran			Nilai Ambang Batas
		Perairan Pantai	Sungai	Tambak Intensif	
Oksigen Terlarut mg/L	Kecamatan Paciran	12.21	4.99	9,21	≥3
	Kecamatan Brondong	13.37	6.57	11.57	

Sumber : Pengukuran lapang (2018) ; Keterangan *) : Melampaui batas yang diperbolehkan untuk kegiatan budidaya tambak udang berdasarkan kriteria Boyd (1990), Poernomo (1992); Wedmeyer (1996); Widigdo (2002); Soewardi (2002); dan MenKLH (2004).

Hasil pengamatan yang telah dilakukan kandungan oksigen terlarut di perairan tambak masih tergolong cukup baik dari nilai yang direkomendasikan, bahwa kebutuhan minimum oksigen terlarut dalam perairan untuk budidaya udang vanname sebesar 4 ppm (Boyd, 2000). Nilai oksigen terlarut tertinggi terdapat pada perairan pantai sedangkan oksigen terlarut didapati pada sungai. Rendahnya oksigen terlarut berpengaruh langsung terhadap fungsi biologis organisme dan akan berakibat terhadap lambatnya pertumbuhan. Oksigen yang terlarut dalam air berasal dari proses fotosintesis oleh fitoplankton dan tumbuhan air lainnya serta difusi dari udara (APHA, 1998). Difusi oksigen dari atmosfer ke perairan berlangsung relatif lambat walaupun terjadi pergolakan massa air, sehingga sumber oksigen terlarut yang berasal dari difusi oksigen hanya sekitar 35 % (Effendi, 2003).

6.2.1.4. Salinitas

Salinitas adalah kandungan hara garam dalam air yang dinyatakan dalam permil (‰) atau ppt (*part per thousand*). Kadar garam dipengaruhi tujuh ion utama yaitu natrium (Na), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), klorit (Cl), Sulfat (SO₄) dan bikarbonat (HCO₃). Parameter salinitas memiliki pengaruh langsung terhadap parameter lain di dalam perairan. Salinitas dapat mempengaruhi kelarutan oksigen perairan, kadar fosfat serta proses osmoregulasi organisme yang dibudidayakan (Mustafa dan Rachmansyah, 2008). Salinitas air dapat menjadi faktor pembatas dalam budidaya tambak, parameter salinitas sangat berpengaruh terhadap tekanan osmotik air. Semakin tinggi salinitas, maka akan semakin besar pula tekanan osmotiknya.

Untuk menyesuaikan diri terhadap tekanan osmotik dari luar atau lingkungannya, memerlukan banyak energi, energi diperoleh dari pakan udang sehingga sebagian energi yang diperoleh udang digunakan untuk keperluan

tersebut. Hasil pengukuran salinitas perairan tambak intensif, Sungai dan Perairan pantai wilayah pesisir Kabupaten Lamongan disajikan pada Tabel 11. Sedangkan pola sebaran spasial salinitas disajikan pada Lampiran 6.

Tabel 11. Hasil pengamatan kualitas air salinitas di perairan pantai, sungai, tambak intensif dan saluran pembuangan (*Outlet*)

Parameter	Stasiun	Stasiun Pengukuran			Nilai Ambang Batas
		Perairan Pantai	Sungai	Tambak Intensif	
Salinitas (o/oo)	Kecamatan Paciran	31	15	24	5 - 35
	Kecamatan Brondong	32	16	25	

Sumber : Pengukuran lapang, (2018) ; Keterangan *) : Melampaui batas yang diperbolehkan untuk kegiatan budidaya tambak udang berdasarkan kriteria Boyd (1990), Poernomo (1992); Wedmeyer (1996); Widigdo (2002); Soewardi (2002); dan MenKLH (2004).

Salinitas hasil pengukuran masih berada dalam kisaran yang diperkenankan untuk budidaya udang berdasarkan nilai yang direkomendasikan yaitu 5 – 35 ‰ dan untuk pertumbuhan optimum diperlukan salinitas 15-25 ‰ (Boyd 1990; Poernomo 1992; Widigdo 2002; Soewardi 2002).

6.2.1.5. BOT (Bahan Organik Total)

Bahan organik yang terkandung dalam perairan biasanya berasal dari sisa-sisa organisme mati dan merupakan limbah yang terakumulasi. Sedangkan bahan organik yang berada dalam media tambak berasal dari proses produksi dari sistem budidaya.. Bahan organik ini bercampur dengan tanah melalui perkolasi dan pencampuran saat pengolahan tanah (Boyd, 1990). Dampak negatif dari tingginya bahan organik di dasar perairan disebabkan meningkatnya konsumsi oksigen dasar, tingginya kadar amonia dan bakteri di dasar perairan atau tambak. Kondisi ini potensial sebagai pengganggu kenyamanan hidup organisme udang di tambak (Suastika Jaya dan Adiwijaya, 1995). Hasil pengukuran bahan organik total di tambak udang intensif, Sungai dan Perairan di

wilayah pesisir Kabupaten Lamongan disajikan pada Tabel 12. Sedangkan pola sebaran spasial bahan organik disajikan pada Lampiran 7.

Tabel 12. Hasil analisis parameter kualitas air bahan organik total di perairan pantai, sungai, tambak intensif dan saluran pembuangan (*Outlet*)

Parameter	Stasiun	Stasiun Pengukuran					Nilai Ambang Batas
		Tambak Intensif	Inlet	Outlet	Sungai	Perairan Pantai	
BOT mg/l	Kecamatan Paciran	28.49	6.26	30.17	29.99	19.27	-
	Kecamatan Brondong	26.44	17.26	27.67	45.25	19.97	

Sumber : Hasil analisis laboratorium oseanografi Universitas Trunojoyo Madura (2018) ; Keterangan *) : Melampaui batas yang diperbolehkan untuk kegiatan budidaya tambak udang berdasarkan kriteria Boyd (1990), Poemomo (1992); Wedmeyer (1996); Widigdo (2002); Soewardi (2002); dan MenKLH (2004).

Bahan organik hasil pengukuran masih berada dalam kisaran yang diperkenankan untuk budidaya udang berdasarkan nilai yang direkomendasikan. Pengaruh bahan organik secara langsung pada organisme yang dipelihara adalah berupa gangguan pada sistem pernafasan. Kandungan bahan organik dalam jumlah yang cukup tinggi, dapat menyebabkan blooming fitoplankton. Hal ini dapat menyebabkan penurunan kandungan oksigen yang mengakibatkan penurunan kualitas air. Sedangkan bahan organik perairan tambak yang optimal untuk budidaya tambak udang adalah kurang dari 40 ppm.

Sedangkan kemampuan toleran adalah berkisar 50-60 ppm (Supratno dan Kasnadi, 2003). Upaya yang dapat dilakukan untuk mengantisipasi atau meminimalisir kandungan bahan organik dalam air adalah dengan penggantian air secara rutin terutama bagian dasar. Disamping itu bisa juga dilakukan dengan penggunaan kincir. Selain itu sebagai antisipasi awal dapat dilakukan pengangkatan dan penjemuran yang lebih lama pada waktu persiapan tambak, sehingga terjadi proses oksidasi yang lebih sempurna.

6.2.1.6. TSS

Total suspended solid atau padatan tersuspensi total adalah residu residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2 μm atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Kandungan *total suspended solid* (TSS) dalam perairan secara tidak langsung akan berpengaruh pada kehidupan organisme yang dibudidayakan, karena dapat meningkatkan kekeruhan perairan dan mempengaruhi proses fotosintesis. Sedangkan pengaruh langsung dapat mengganggu kehidupan dan perkembangan biota serta dapat menyebabkan kematian biota karena dapat menutup insang dan menghambat saluran pernapasan (APHA 1989; Davis dan Cornwell, 1991 diacu dalam Effendi 2003). Hasil pengukuran TSS di tambak udang intensif, Sungai dan Perairan Pantai dari beberapa lokasi penelitian disajikan pada Tabel 13. Sedangkan pola sebaran spasial TSS disajikan pada Lampiran 8.

Tabel 13. Hasil analisis parameter kualitas air TSS di perairan pantai, sungai, tambak intensif dan saluran pembuangan (*Outlet*)

Parameter	Stasiun	Stasiun Pengukuran					Nilai Ambang Batas
		Tambak Intensif	Inlet	Outlet	Sungai	Perairan Pantai	
TSS mg/L	Kecamatan Paciran	60	49	620*	84*	66	25 - 80
	Kecamatan Brondong	74	47	91*	290*	62	

Sumber : Hasil analisis laboratorium oseanografi Universitas Trunojoyo Madura (2018) ; Keterangan *) : Melampaui batas yang diperbolehkan untuk kegiatan budidaya tambak udang berdasarkan kriteria Boyd (1990), Poernomo (1992); Wedmeyer (1996); Widigdo (2002); Soewardi (2002); dan MenKLH (2004).

Hasil pengukuran kandungan *total suspended solid* (TSS) terbilang cukup tinggi yaitu 60 -74 mg/l, walaupun masih dalam batas toleransi untuk budidaya tambak udang berdasarkan nilai yang direkomendasikan yaitu 25 - 80 mg/L. (Boyd 1990; Poernomo 1992; Widigdo 2002; Soewardi 2002 dan MenKLH 2004). Kandungan TSS yang tinggi pada tambak udang intensif karena disebabkan pemberian pakan buatan (pellet) yang tidak termakan (*uneaten food*) serta dari

hasil metabolisme udang berupa *feces* yang terlarut dalam air tambak (Boyd 1998; Johnsen *et al.* 1993; Primavera dan Apud 1994).

Pada tingkat teknologi budidaya tambak udang intensif, kebutuhan akan nutrisi tergantung pada pakan buatan (pellet), apabila pakan buatan (pellet) yang diberikan banyak yang tidak termakan (*uneaten food*) maka akan menyebabkan tingginya kandungan bahan organik dalam tambak udang sehingga kandungan TSS dalam perairan tambak udang juga akan meningkat. Tingginya kandungan *total suspended solid* (TSS) di perairan tambak udang intensif mengakibatkan kandungan *total suspended solid* (TSS) pada saluran pembuangan juga cukup tinggi yaitu sebesar 91 – 620 mg/l.

6.2.1.7. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) didefinisikan sebagai jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri atau mikroba dalam dekomposisi bahan organik dalam keadaan aerobik. BOD₅ mengindikasikan jumlah bahan organik perairan yang mudah diuraikan secara biologis serta jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk proses dekomposisi (Widigdo 2002 ; Davis dan Cornwell 1991 diacu dalam Effendi 2003). Bahan organik yang diuraikan secara biologis melibatkan bakteri melalui sistem oksidasi aerobik dan anaerobik. Proses oksidasi aerobik akan menyebabkan terjadinya penurunan oksigen terlarut sampai pada tingkat terendah dan mengakibatkan kondisi perairan menjadi anaerob yang berdampak terhadap kematian organisme. Jumlah oksigen yang dikonsumsi melalui proses respirasi aerob dalam botol yang diinkubasi pada suhu sekitar 20°C selama lima hari dalam keadaan tanpa cahaya (Boyd, 1990). Hasil pengukuran BOD₅ pada perairan tambak udang intensif, Sungai dan Perairan Pantai di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 14. Sedangkan pola sebaran spasial BOD₅ disajikan pada Lampiran 9.

Tabel 14. Hasil analisis parameter kualitas air BOD₅ perairan pantai, sungai, tambak intensif dan saluran pembuangan (*Outlet*)

Parameter	Stasiun	Stasiun Pengukuran					Nilai Ambang Batas
		Tambak Intensif	Inlet	Outlet	Sungai	Perairan Pantai	
BOD mg/L	Kecamatan Paciran	1.32	1.02	3.12	4.12*	0.94	< 25
	Kecamatan Brondong	1.42	1.01	4.14	5.31*	0.99	

Sumber : Hasil analisis laboratorium oseanografi Universitas Trunojoyo Madura (2018) ; Keterangan *) : Melampaui batas yang diperbolehkan untuk kegiatan budidaya tambak udang berdasarkan kriteria Boyd (1990), Poernomo (1992); Wedmeyer (1996); Widigdo (2002); Soewardi (2002); dan MenKLH (2004).

Dari hasil pengukuran yang dilakukan BOD₅ perairan tambak udang vanname untuk proses budidaya masih dalam kisaran baku mutu lingkungan yaitu <25 mg/L (MenKLH 2004).

6.2.1.8. Chemical Oxygen Demand (COD)

Kebutuhan oksigen kimiawi atau yang lebih dikenal dengan COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi seluruh bahan organik yang mudah terurai atau sulit terurai secara kimiawi dengan menggunakan oksidator kuat. Kebutuhan oksigen kimia juga disebut sebagai jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk sepenuhnya mengoksidasi semua bahan organik menjadi karbon dioksida air melalui aksi zat pengoksidasi (Nollet, 2000). Hasil pengukuran COD pada tambak udang intensif, Sungai dan Perairan Pantai di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan disajikan pada Tabel 15. Sedangkan pola sebaran spasial *Chemical Oxygen Demand* (COD) disajikan pada Lampiran 10.

Tabel 15. Hasil analisis parameter kualitas air COD perairan pantai, sungai, tambak intensif dan saluran pembuangan (*Outlet*)

Parameter	Stasiun	Stasiun Pengukuran					Nilai Ambang Batas
		Tambak Intensif	Inlet	Outlet	Sungai	Perairan Pantai	
COD mg/L	Kecamatan Paciran	78	24	102*	86*	28	40-80
	Kecamatan Brondong	81*	30	106*	99*	35	

Sumber : Hasil analisis laboratorium oseanografi Universitas Trunojoyo Madura (2018) ; Keterangan *) : Melampaui batas yang diperbolehkan untuk kegiatan budidaya tambak udang berdasarkan kriteria Boyd (1990), Poernomo (1992); Wedmeyer (1996); Widigdo (2002); Soewardi (2002); dan MenKLH (2004).

Dari hasil pengukuran dilaboratorium didapatkan nilai COD ditambak intensif berkisar antar 78 – 81 mg/l. Nilai COD ini tergolong cukup tinggi dan melebihi ambang batas kisaran baku mutu lingkungan yaitu 40-80 mg/L (Poernomo 1992, MenKLH 2004, Widigdo 2004). Tingginya kadar COD mencerminkan konsentrasi tinggi senyawa organik di perairan atau penurunan ekosistem kesehatan perairan. Menurut regulasi teknis nasional pada kualitas air pesisir (MONE, 2008) konsentrasi COD (KMNO_4) harus dibawah 5 mg/L.

6.2.1.9. Ammonia (NH_3)

Amonia yang terkandung pada suatu perairan merupakan salah satu hasil dari proses penguraian bahan organik. Amonia berada dalam air karena penumpukan atau akumulasi dari hasil kotoran udang atau hasil kegiatan organisme jasad renik di dalam pembusukan bahan organik yang kaya akan nitrogen (protein). Kadar ammonia NH_3 pada perairan alami biasanya 0.1 mg/L (McNeely *et. al* 1979 diacu dalam Effendi) dan apabila kadar ammonia NH_3 di perairan melebihi 0.2 mg/L maka perairan tersebut akan sedikit berpengaruh bagi beberapa jenis biota yang sensitif (Sawyer dan Mc Carty 1978 diacu dalam Effendi 2003). Kadar ammonia NH_3 yang terlalu tinggi merupakan indikasi adanya pencemaran bahan organik yang berasal dari limbah domestik, limpasan

(run off) pertanian dan peternakan. Pada umumnya fitoplankton lebih banyak menyerap ammonia dibandingkan nitrat karena lebih banyak dijumpai diperairan, baik dalam kondisi aerobik maupun anaerobik (Welch, 1980).

Daya racun ammonia semakin meningkat dengan naiknya suhu dan pH. Daya racun tersebut dipengaruhi pula oleh kadar kalsium (Ca) dalam air (Tamasso, J.R. *et al.*, 1979). Menurut Boyd (1982), tingkat peracunan amonia berbeda-beda untuk spesies, tapi pada kadar 0,6 ppm dapat membahayakan organisme tersebut. Boyd dan Koppler (1979) dalam Bucher dan Ismail (1983) menyatakan bahwa amonia 0,6 –2,0 ppm bersifat sangat toksik terhadap organisme dalam tambak. Hasil pengukuran ammonia (NH₃-N) pada tambak udang intensif, Sungai dan Perairan Pantai disajikan pada Tabel 16. Sedangkan pola sebaran spasial ammonia (NH₃-N) disajikan pada Lampiran 11.

Tabel 16. Hasil analisis parameter kualitas air perairan pantai, sungai, tambak intensif dan saluran pembuangan (*Outlet*)

Parameter	Stasiun	Stasiun Pengukuran					Nilai Ambang Batas
		Tambak Intensif	Inlet	Outlet	Sungai	Perairan Pantai	
Ammonia mg/l	Kecamatan Paciran	0.021	0.013	0.025	0.031	0.013	≤ 1.0
	Kecamatan Brondong	0.054	0.013	0.027	0.135	0.014	

Sumber : Hasil analisis laboratorium oseanografi Universitas Trunojoyo Madura (2018) ; Keterangan *) : Melampaui batas yang diperbolehkan untuk kegiatan budidaya tambak udang berdasarkan kriteria Boyd (1990), Poernomo (1992); Wedmeyer (1996); Widigdo (2002); Soewardi (2002); dan MenKLH (2004).

Hasil pengukuran kandungan ammonia masih dalam batas yang aman untuk budidaya tambak udang berdasarkan nilai yang direkomendasikan yaitu <1.0 mg/l (Boyd 1990; Poernomo 1992; Wedmeyer 1996; Widigdo 2002; MenKLH 2004). Secara umum toleransi amonia untuk budidaya tambak adalah 0 – 0,25 ppm (Poernomo, 1992). Upaya atau solusi yang dapat dilakukan untuk menekan atau mengolah agar kadar amonia tidak meningkat adalah dengan cara oksidasi melalui pemberian aerasi penginciran air di tambak. Aerasi memberi dampak positif bagi sedimen dengan kadar amonia pori sedimen relatif rendah yaitu 1,04

-1,41 ppm dibandingkan tanpa aerasi yaitu berkisar 2,14 – 2,63 ppm (Hamid *et al.*, 2003).

6.2.1.10. Nitrit (NO_2)

Nitrit merupakan peralihan antara ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) dan nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) melalui proses nitrifikasi atau antara nitrat dan gas nitrogen melalui proses denitrifikasi. Proses denitrifikasi berlangsung dalam kondisi anaerob. Pada proses denitrifikasi, gas N_2 yang dapat terlepas dari dalam air ke udara. Keberadaan nitrit menggambarkan berlangsungnya proses biologis perombakan bahan organik yang mempunyai kadar oksigen terlarut rendah (Effendi 2003).

Di perairan alami, kandungan nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) biasanya ditemukan dalam jumlah yang sangat sedikit lebih sedikit dari nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) dan bersifat tidak stabil dengan keberadaan oksigen, karena nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) ini langsung dioksidasi menjadi nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$). Pada umumnya, perairan alami mengandung NO_2 sekitar 0.001 mg/l (*Canadian Council of Resource and Environment Ministers*, 1987 diacu dalam Effendi 2003) dan jarang melebihi 1 mg/l (Sawyer dan McCarty 1978, diacu dalam Effendi 2003). Seperti halnya ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$), nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) juga beracun terhadap udang/ikan, senyawa nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) dapat mengoksidasikan besi (Fe) di dalam hemoglobin dan mengakibatkan kemampuan darah untuk mengikat oksigen terlarut akan menurun (Poernomo 1988).

Pada udang yang darahnya mengandung tembaga (Cu) (hemocyanin) mungkin terjadi oksidasi Cu oleh NO_2 dan memberikan akibat yang sama seperti pada udang (Smith dan Russo 1975 *dalam* Poernomo 1989). Hasil pengukuran nitrit NO_2 pada tambak udang intensif, Sungai dan Perairan Pantai disajikan pada Tabel 17. Sedangkan pola sebaran spasial nitrit NO_2 disajikan pada Lampiran 12.

Tabel 17. Hasil analisis parameter kualitas air perairan pantai, sungai, tambak intensif dan saluran pembuangan (*Outlet*)

Parameter	Stasiun	Stasiun Pengukuran					Nilai Ambang Batas
		Tambak Intensif	Inlet	Outlet	Sungai	Perairan Pantai	
Nitrit mg/L	Kecamatan Paciran	0.147	0.013	0.125	0.131	0.013	0.25
	Kecamatan Brondong	0.147	0.013	0.127	0.135	0.014	

Sumber : Hasil analisis laboratorium oseanografi Universitas Trunojoyo Madura (2018) ; Keterangan *) : Melampaui batas yang diperbolehkan untuk kegiatan budidaya tambak udang berdasarkan kriteria Boyd (1990), Poernomo (1992); Wedmeyer (1996); Widigdo (2002); Soewardi (2002); dan MenKLH (2004).

Hasil pengukuran kandungan Nitrit (NO_2) masih dalam batas yang aman untuk budidaya udang berdasarkan nilai yang direkomendasikan yaitu < 0.25 mg/l (Boyd 1990; Poernomo 1992; Wedmeyer 1996; Widigdo 2002; MenKLH 2004).

6.2.1.11. Nitrat

Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) merupakan bentuk utama nitrogen di perairan alami dan juga sebagai sumber pertumbuhan tanaman air dan algae. Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) mudah larut dalam air dan bersifat stabil (Effendi 2003). Senyawa nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Nitrifikasi merupakan proses ammonia menjadi nitrit dan nitrat adalah proses yang sangat penting dalam siklus nitrogen yang berlangsung pada kondisi aerob. Oksidasi ammonia menjadi nitrit dilakukan oleh bakteri *Nitrosomonas*, sedangkan oksidasi nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri *Nitrobacter*. Kedua jenis bakteri ini merupakan bakteri kemotrofik, yaitu bakteri yang mendapatkan energi dari proses kimiawi. Hasil pengukuran Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) pada tambak udang intensif, Sungai dan Perairan Pantai disajikan pada Tabel 18. Sedangkan pola sebaran spasial nitrat NO_3 disajikan pada Lampiran 13.

Tabel 18. Hasil analisis parameter kualitas air perairan pantai, sungai, tambak intensif dan saluran pembuangan (*Outlet*)

Parameter	Stasiun	Stasiun Pengukuran					Nilai Ambang Batas
		Tambak Intensif	Inlet	Outlet	Sungai	Perairan Pantai	
NO ₃ -N mg/L	Kecamatan Paciran	0.025	0.014	0.072	0.032	0.012	≤ 1.0
	Kecamatan Brondong	0.064	0.015	0.1	0.049	0.035	

Sumber : Hasil analisis laboratorium oseanografi Universitas Trunojoyo Madura (2018) ; Keterangan *) : Melampaui batas yang diperbolehkan untuk kegiatan budidaya tambak udang berdasarkan kriteria Boyd (1990), Poernomo (1992); Wedmeyer (1996); Widigdo (2002); Soewardi (2002); dan MenKLH (2004).

Hasil pengukuran (NO₃) kandungan nitrat (NO₃) di perairan tambak pesisir Kabupaten Lamongan berkisar 0,025 – 0,064 mg/L; masih baik sebagai media budidaya tambak. Banyak sedikitnya kandungan nitrat di perairan, tergantung dari kecepatan proses nitrifikasi yang berperan di dalamnya seperti bakteri nitrifikasi, nilai pH, kandungan oksigen terlarut dan suhu. Kandungan oksigen terlarut < 2 mg/L reaksi nitrifikasi akan berjalan lambat. Nilai pH yang optimum untuk proses nitrifikasi berkisar 8-9. Pada pH < 6 reaksi nitrifikasi akan berhenti.

Sedangkan suhu optimum untuk proses nitrifikasi berkisar 20°C - 25°C dan kecepatan pertumbuhan bakteri nitrifikasi lebih lambat dari pada bakteri heterotrof. Apabila di perairan banyak terdapat bahan organik, maka pertumbuhan bakteri heterotrof akan melebihi pertumbuhan bakteri nitrifikasi (Effendi, 2003). Kandungan nitrat di perairan alami hampir tidak pernah lebih dari 0,1 mg/L. Nitrat tidak bersifat toksik terhadap organisme akuatik dan kandungan nitrat lebih dari 0,2 mg/L di perairan, dapat mengakibatkan eutrofikasi (Effendi, 2003). Hasil pengukuran kandungan nitrat (NO₃-N) di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan pada musim hujan lebih tinggi jika dibandingkan pada musim kemarau. Hal ini disebabkan karena nitrogen oksida yang berupa nitrat (NO₃) yang terdapat diatmosfir akan turun ke bumi bersama air hujan, dimana air hujan mengandung NO₃ sekitar 0.2 mg/l (Effendi 2003).

Apabila suatu perairan menunjukkan kadar nitrat lebih dari 5 mg/l (> 5 mg/l), maka perairan tersebut mengalami pencemaran limbah *antropogenik* yang berasal dari aktivitas manusia dan sisa kotoran hewan. Kadar nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) yang lebih dari 2 mg/l dapat mengakibatkan terjadinya *eutrofikasi* (pengayaan) perairan, yang selanjutnya dapat menstimulir pertumbuhan algae dan tumbuhan air secara pesat (*blooming*). Pada perairan yang menerima limpasan air dari daerah pertanian yang banyak mengandung pupuk, maka kadar nitrat dapat mencapai 1.000 mg/l (Davis dan Cornwell, 1991 diacu dalam Effendi 2003).

Kandungan nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) yang terdapat dalam suatu perairan, dapat dikelompokkan berdasarkan tingkat kesuburannya, yaitu perairan *oligotrofik* mempunyai kandungan nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) antara 0 – 1 mg/l, perairan *mesotrofik* mempunyai kandungan nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) antara 1 – 5 mg/l, dan perairan *eutrofik* mempunyai kandungan nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) antara 5 – 50 mg/l (Volenweider dan Wetzel 1975 diacu dalam Effendi 2003). Berdasarkan hal ini, maka kandungan nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) masih dalam batas yang layak untuk budidaya udang dan kondisi perairan pesisir Kabupaten Lamongan yang tidak mengarah akan terjadinya proses pengayaan (*eutrofikasi*).

6.2.1.12. Terlarut Fosfat (PO_4)

Fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) dapat menjadi faktor pembatas, baik secara temporal maupun secara spasial, karena sumber fosfat lebih sedikit dibandingkan dengan sumber nitrogen di perairan (Raymont 1980; Effendi 2003). Senyawa fosfat merupakan unsur zat hara yang dapat dijadikan sebagai petunjuk kesuburan perairan yang dibutuhkan oleh organisme untuk tumbuh dan berkembang, salah satunya adalah *fitoplankton*. Fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) merupakan faktor pembatas produktivitas primer dan merepresentasikan nutrien fosfat (P) terlarut.

Kandungan fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) pada perairan alami jarang melebihi 1 mg/l (Boyd 1995). Menurut Effendi (2003), terdapat 3 tingkat kesuburan perairan yaitu tingkat kesuburan rendah dengan kandungan fosfat total 0-0,02 mg/L; tingkat kesuburan sedang dengan kandungan fosfat total 0,021- 0,05 mg/L; dan tingkat kesuburan tinggi dengan kandungan fosfat total 0,051-0,1 mg/L. Hasil pengukuran fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) pada tambak udang intensif, Sungai dan Perairan Pantai disajikan pada Tabel 19. Sedangkan pola sebaran spasial fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) disajikan pada Lampiran 14..

Tabel 19. Hasil analisis parameter kualitas air perairan pantai, sungai, tambak intensif dan saluran pembuangan (*Outlet*)

Parameter	Stasiun	Stasiun Pengukuran				Nilai Ambang Batas
		Tambak Intensif	Inlet	Outlet	Sungai	
Fosfat mg/l	Kecamatan Paciran	0.023	0.007	0.054	0.174	0.05 – 0.50
	Kecamatan Brondong	0.037	0.006	0.050	0.147	

Sumber : Hasil analisis laboratorium oseanografi Universitas Trunojoyo Madura (2018) ; Keterangan *) : Melampaui batas yang diperbolehkan untuk kegiatan budidaya tambak udang berdasarkan kriteria Boyd (1990), Poernomo (1992); Wedmeyer (1996); Widigdo (2002); Soewardi (2002); dan MenKLH (2004).

Hasil pengukuran kandungan fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) ini masih berada dalam batas kisaran nilai yang direkomendasikan untuk budidaya udang yaitu 0.05 – 0.5 mg/l (Boyd 1990; Poernomo 1992; Wedmeyer 1996; Widigdo 2002; MenKLH 2004). Kandungan fosfat air tambak sangat diperlukan untuk kegiatan tambak tradisional maupun intensif, karena kegunaanya sebagai sumber utama pakan alami untuk udang.

6.2.1.13. Kekekruhan

Kekeruhan adalah ukuran yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur keadaan suatu baku mutu air dengan skala NTU (*Nephelometrix Turbidity Unit*). Kekeruhan dinyatakan dalam satuan unit turbiditas, yang setara

dengan 1 mg/liter. Kekeruhan ini disebabkan oleh adanya benda koloid didalam air. Hal ini membuat perbedaan nyata dari segi kualitas air itu sendiri (Hefni, 2003). Kekeruhan air dapat ditimbulkan oleh adanya bahan-bahan anorganik dan organik yang terkandung dalam air seperti lumpur ataupun bahan-bahan yang dihasilkan dari sisa pakan udang yang tidak termakan (*uneaten feed*) serta hasil ekresi dari udang itu sendiri (*feces*), akibatnya dapat mengganggu kehidupan udang yang dibudidayakan. Hasil pengukuran kekruhan (NTU) pada tambak udang intensif, Sungai dan Perairan Pantai disajikan pada Tabel 20. Sedangkan pola sebaran spasial kekeruhan (NTU) disajikan pada Lampiran 15.

Tabel 20. Hasil analisis parameter kualitas air perairan pantai, sungai, tambak intensif dan saluran pembuangan (*Outlet*)

Parameter	Stasiun	Stasiun Pengukuran					Nilai Ambang Batas
		Tambak Intensif	Inlet	Outlet	Sungai	Perairan Pantai	
Kekeruhan (NTU)	Kecamatan Paciran	37.65*	1.31	783*	116*	1.1	≤ 30
	Kecamatan Brondong	52*	9.24	186*	334*	1.11	

Sumber : Hasil analisis laboratorium oseanografi Universitas Trunojoyo Madura (2018) ; Keterangan *) : Melampaui batas yang diperbolehkan untuk kegiatan budidaya tambak udang berdasarkan kriteria Boyd (1990), Poernomo (1992); Wedmeyer (1996); Widigdo (2002); Soewardi (2002); dan MenKLH (2004).

Hasil pengukuran yang dilakukan diperairan tambak wilayah pesisir tergolong cukup tinggi dari nilai yang direkomendasikan untuk budidaya udang yaitu ≤ 30 NTU (Boyd 1990; Poernomo 1992; Wedmeyer 1996; Widigdo 2002; MenKLH 2004). Hal ini sangat berpengaruh dalam proses yang dilakukan untuk budidaya udang, tingginya kekeruhan disebabkan oleh sisa pakan udang yang tidak termakan (*uneaten feed*) serta hasil metabolisme (*feces*) yang larut dalam perairan tambak. (Canter, 1997 diacu dalam Bahtiar 1994; Effendi 2003) menyatakan bahwa terdapat hubungan yang positif antara nilai padatan tersuspensi dengan nilai kekeruhan suatu perairan, dimana semakin tinggi nilai padatan tersuspensi (TSS), maka akan semakin tinggi nilai kekeruhan dan akan

memberikan pengaruh terhadap kepentingan perikanan budidaya (Alabaster dan Lloyd 1882, diacu dalam Effendi).

6.3. Keragaman Budidaya Tambak Udang di Pesisir Kabupaten Lamongan

Monitoring dilakukan pada tambak udang intensif di pesisir Kabupaten Lamongan selama satu musim tanam (MT) atau selama satu siklus produksi. Hasil monitoring selama penelitian menunjukkan bahwa pada budidaya tambak udang intensif di Kecamatan Brondong budidaya tambak udang dengan luas petak tambak 4000 m^2 , padat penebaran 130 ekor/m^2 dengan lama pemeliharaan 109 hari mampu memproduksi udang sebesar 7014.17 kg udang/0.4 ha dengan nilai FCR (*Food Conversion Ratio*) sebesar 1.45, yang artinya untuk menghasilkan udang sebesar 1 kg membutuhkan pakan sebesar 1.45 kg. Sedangkan tambak udang intensif di Kecamatan Paciran dengan komoditas yang sama yaitu udang vanname dengan luas petak tambak 5000 m^2 , padat penebaran 60 ekor/m^2 dengan lama pemeliharaan 90 hari, mampu memproduksi udang sebesar 36945.52 kg/0.5 ha dengan nilai FCR (*Food Conversion Ratio*) sebesar 1.15.

Tabel 21. Karakteristik budidaya udang vanname di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan

Parameter	Kecamatan Paciran	Kecamatan Brondong
Komoditi	Udang vanname	Udang vanname
Luas petak tambak m^2	5000	4000
Padat penebaran (ekor/m^2)	60	130
Jumlah pakan (kg)	11 058	4399
Kelangsungan hidup (%)	81	85
Produksi (kg)	7014.17	36945.52
FCR	1.15	1.45
Lama pemeliharaan (hari)	92	109
Pergantian air tambak	3% (bln 1 dan 2); 10% (bln 3); 15% (bln 4)	3% (bln 1 dan 2); 10% (bln 3); 15% (bln 4)

Sumber : Hasil monitoring (2018), modifikasi (Gunarto, 2007); (Erfan dan Mangampa, 2007)

6.4. Penentuan Daya Dukung Lingkungan Pemanfaatan Lahan Budidaya Tambak Udang dengan Pendekatan Ketersediaan Air Melalui Kuantifikasi Volume Total Air yang Tersedia di Perairan Pesisir V_{tot}

Kemampuan perairan pesisir Kabupaten Lamongan dalam mengencerkan limbah tambak udang ditentukan oleh seberapa besar volume air laut yang tersedia di perairan pesisir. Volume air yang tersedia tersebut selalu mengalami pergantian dari pasang yang satu ke pasang berikutnya sehingga diharapkan mempunyai kualitas yang baik untuk kegiatan budidaya tambak udang. Volume air laut yang tersedia diperairan pesisir baik pada saat pasang maupun pada saat surut merupakan volume total air yang tersedia diperairan pesisir untuk mengencerkan limbah tambak.

Budidaya tambak udang menghasilkan limbah cair yang biasanya dibuang langsung ke sungai, perairan pantai dan laut. Limbah tambak tersebut akan diencerkan oleh perairan disekitar wilayah pesisir Kabupaten Lamongan. Kuantifikasi volume air yang tersedia diperairan pesisir menggunakan pendekatan Widigdo dan Pariwono (2003), dimana volume air yang tersedia di perairan pesisir dipengaruhi oleh frekuensi pasang surut, kisaran pasang surut, panjang garis pantai serta kemiringan dasar perairan. Data dapat dilihat sebagai berikut :

- Kemiringan pantai = 0.17°
- Kisaran pasut = 2.12 m
- Jarak (X) = 1203.84 m
- Panjang garis pantai = 42.133 m
- Volume perairan = $0,5 h y (2 x - (/ \tan \Theta))$
 $= 0,5 (2.12). (44.133). (2 (1203,84) - (2,12 / 0,007))$
 $= 79.191.198,99 \text{ m}^3$

Berdasarkan parameter diatas dan hasil perhitungan diperoleh volume air yang tersedia diperairan pesisir Kabupaten Lamongan untuk mengencerkan limbah dalam satu siklus pasang surut sebesar $79.191.198,99 \text{ m}^3$. Karena jenis pasutnya tunggal, maka frekuensi pasang /hari seanyak 1 kali sehingga volume perairan yang tersedia adalah sama, yaitu: $79.191.198,99 \text{ m}^3$. Hasil perhitungan

yang diperoleh waktu tinggal (*retention time*) volume massa air diperairan pesisir per siklus pasang surut yaitu 2.0 jam. Karena frekuensi pasang surut di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan 1 kali/hari, maka waktu tinggal volume massa air menjadi $1 \times 2.0 \text{ jam} = 2.0 \text{ jam}$. Kondisi fisik perairan pesisir Kabupaten Lamongan dapat dilihat pada Tabel 22.

Tabel 22. Kondisi fisik perairan pesisir Kabupaten Lamongan

No	Parameter	Nilai Pengamatan
1	Panjang garis pantai	42 km (42 000 m)
2	Rata-rata kemiringan daar perairan pesisir	0.174
3	Jarak pengambilan air laut untuk keperluan tambak	754 m
4	Kisaran pasang surut	0.9983
5	Pola pasang surut	1kali pasang dan 1 kali surut

Sumber : Hasil pengamatan (2018)

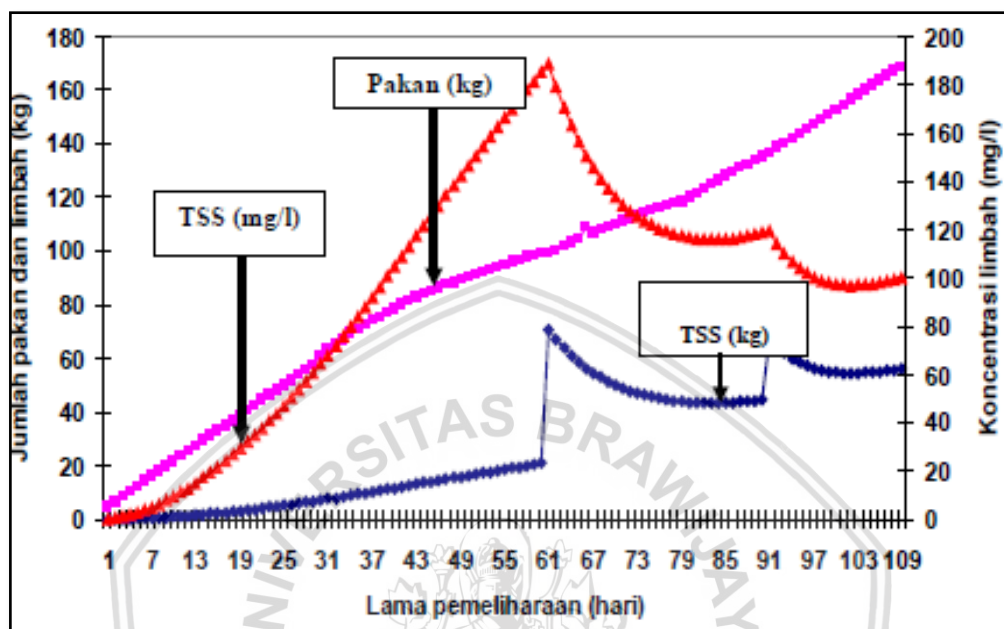
6.5. Kuantifikasi Limbah Tambak Udang (*Internal Loading*)

6.5.1. Kuantifikasi limbah organik dalam bentuk TSS

Kuantifikasi beban limbah dari budidaya tambak udang dilakukan pada sistem teknologi intensif. Teknologi budidaya tambak udang intensif pada saat pemeliharaan menggunakan pakan buatan (*pellet*) untuk memacu pertumbuhan udang. Pakan buatan yang diberikan selama masa pemeliharaan ini merupakan salah satu penyebab terjadinya penurunan kualitas lingkungan perairan tambak, karena tidak seluruh pakan tersebut dapat dimanfaatkan oleh udang dan sisa yang tidak termanfaatkan tersebut akan menjadi limbah organik dan merupakan penyebab menurunnya kualitas perairan (Mc Donald *et al.*1996; Horowitz dan Horowitz 2000). Selanjutnya Chen dan Lin (1989) menyatakan kadar TSS akan tinggi pada waktu panen, terutama pada volume 20-25 % limbah akhir tambak. Karena itu sebaiknya pakan yang diberikan harus berkualitas baik sehingga kegiatan budidaya tambak udang lebih efisien.

Beban limbah organik tambak udang intensif di Kecamatan Brondong dengan luas 4000 m^2 (130 ekor/m^2) menghasilkan beban limbah organik dalam

bentuk *Total Suspended Solid* (TSS) yang dibuang ke lingkungan perairan pesisir mulai pada hari ke 1 sampai hari ke 109 (akhir masa pemeliharaan). Kuantitas pakan dan limbah organik dalam bentuk TSS dapat dilihat pada Gambar 12.

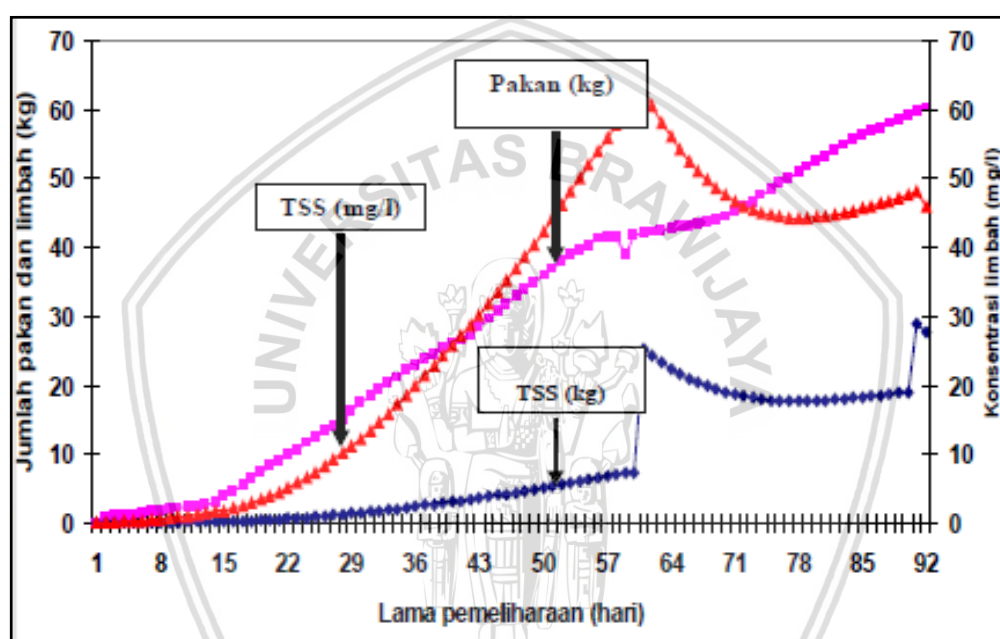


Gambar 12. Kuantitas pakan dan limbah TSS yang dihasilkan dari kegiatan budidaya tambak udang intensif (130 ekor/m²) dan luas tambak udang 4000 m³) selama satu siklus pemeliharaan

Konsentrasi TSS tertinggi sebesar 190.984 mg/l ditemukan pada hari ke-63 dengan jumlah atau bobot limbah TSS yang dibuang sebesar 72.996 kg TSS. Pada akhir masa pemeliharaan (panen) yaitu pada hari ke 109, dilakukan pengeringan tambak dengan cara membuang seluruh air tambak (volume 4000 m³) ke lingkungan perairan pantai. Pada saat pembuangan seluruh volume air tambak, konsentrasi limbah TSS tambak udang sebesar 110.788 mg/l dengan jumlah atau bobot limbah TSS yang dibuang ke lingkungan perairan pesisir sebesar 399.789 kg TSS. Total jumlah atau bobot harian limbah TSS mulai hari ke 1 – 109 sebesar 3100.945 kg TSS/0.4 ha. Sedangkan total jumlah atau bobot limbah TSS sampai akhir masa pemeliharaan (panen) sebesar 3500.796 kg TSS/0.4 ha. Berdasarkan hasil penghitungan tersebut maka jumlah limbah organik tambak udang dalam bentuk TSS yang dibuang dan masuk ke

lingkungan perairan pesisir selama satu musim tanam (MT) per satuan luas (ha) sebesar 9622.915 kg TSS/ha.

Tambak udang intensif di Kecamatan Brondong dengan luas 5000 m² (60 ekor/m²) menghasilkan beban limbah organik dalam bentuk *Total Suspended Solid* (TSS) yang dibuang ke lingkungan perairan pesisir mulai pada hari ke 1 sampai hari ke 92 (akhir masa pemeliharaan). Kuantitas pakan dan limbah organik dalam bentuk TSS dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Kuantitas pakan dan limbah TSS yang dihasilkan dari kegiatan budidaya tambak udang intensif (60 ekor/m²) dan luas tambak udang 5.000 m³) selama satu siklus pemeliharaan

Konsentrasi TSS tertinggi sebesar 64.170 mg/l ditemukan pada hari ke-61 dengan jumlah atau bobot limbah TSS yang dibuang sebesar 26.268 kg TSS. Pada akhir masa pemeliharaan (panen) yaitu pada hari ke 92 dilakukan pengeringan tambak dengan cara membuang seluruh air tambak (volume 5000 m³) ke lingkungan perairan konsentrasi limbah TSS tambak udang sebesar 45.422 mg/l dengan jumlah atau bobot harian limbah TSS mulai dari hari 1 sampai hari 91 sebesar 788.293 kg TSS/0.5 ha. Sedangkan total jumlah atau bobot limbah TSS sampai akhir masa pemeliharaan (panen) sebesar 960.995 kg TSS/0.5 ha.

Berdasarkan hasil penghitungan diatas, maka jumlah limbah organik tambak udang dalam bentuk TSS yang dibuang dan masuk kelingkungan perairan pesisir selama satumusim tanam (MT) per satuan luas (ha) sebesar 2400.472 kg TSS/ha.

Limbah TSS tambak udang intensif di Kecamatan Paciran dan limbah TSS Tambak udang intensif Kecamatan Brondong dapat dilihat pada Tabel 23.

Tabel 23. Limbah organik tambak udang intensif dalam bentuk TSS di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan

Tingkat teknologi Budidaya Tambak Udang	Stasiun Pengamatan	Limbah organik dalam bentuk TSS (kg/ha/MT)
Intensif (130 ekor/m ²)	Kecamatan Brondong	9622.915 kg TSS/ha/MT
Intensif (60 ekor/m ²)	Kecamatan Paciran	2400.472 kg TSS/ha/MT

Sumber : Hasil analisis (2018)

Jumlah limbah organik dalam bentuk TSS dari kegiatan budidaya tambak udang akan dibuang dan masuk ke lingkungan perairan pesisir serta berpotensi mencemari perairan pesisir. Konsentrasi TSS harian di perairan pesisir sangat tergantung dari volume total air sebagai penerima limbah (V_{tot}), jumlah limbah tambak udang yang dibuang (kondisi saat ini), pola pasang surut, serta laju pengenceran (*flushing time*) (Gowen *et al.* 1989, diacu dalam Barg 1992). Asumsi yang digunakan dalam estimasi konsentrasi TSS di perairan pesisir Kabupaten Lamongan pada kondisi saat ini, yaitu: (1) buangan limbah TSS berasal dari kegiatan budidaya tambak udang intensif (padat tebar 130 ekor/m² dan 60 ekor/m²) selama satu musim tanam (MT), sedangkan buangan limbah organik dari kegiatan lain di abaikan dan; (2) proses pergantian air (*water exchange*) bulan 1 dan 2 sebanyak 3 %, bulan 3 sebanyak 10 %, dan bulan 4 sebanyak 15 %. Volume total air yang tersedia diperairan pesisir Kabupaten Lamongan (V_{tot}) sebesar 79.191.198,99 m³ sedangkan laju pengenceran (*flushing time*) hasil analisis diperoleh 2.15 hari (dibulatkan 2.1 hari) atau *flushing ratenya* 99 kali/tahun.

Berdasarkan hasil analisis diperoleh konsentrasi TSS harian yang berada di perairan pesisir mulai hari pertama sampai hari ke 110 mengalami peningkatan. Pada hari kedua konsentrasi TSS sebesar 0.00008 mg/l dan pada akhir pemeliharaan konsentrasi total TSS di perairan pesisir sebesar 0.58980 mg/l. Pada hari ke-61, konsentrasi total TSS di perairan pesisir sebesar 0.12205 mg/l. Kemudian pada hari ke 93, dimana tambak udang intensif (60 ekor/m²) melakukan panen dan membuang seluruh air tambak yang mengandung limbah TSS ke lingkungan perairan pesisir, sehingga konsentrasi TSS mengalami peningkatan menjadi 0.24141 mg/l. Begitu pula pada hari ke 109, dimana tambak udang intensif (130 ekor/m²) melakukan pemanenan dan membuang seluruh volume air tambak yang mengandung TSS ke lingkungan perairan sehingga konsentrasi TSS di perairan pesisir mengalami peningkatan menjadi 0.58980 mg/l (Gambar 71). Konsentrasi total TSS ini masih dibawah konsentrasi TSS yang diperbolehkan untuk budidaya sebesar 80 mg/l (Wedmeyer 1996; Widigdo 2002; Soewardi 2002 dan; MenKLH 2004). Estimasi total konsentrasi limbah organik dalam bentuk TSS di perairan pesisir akibat buangan limbah organik dalam bentuk TSS tambak udang dapat dilihat pada Tabel 24.

Tabel 24. Estimasi total konsentrasi limbah TSS harian di perairan pesisir Kabupaten Lamongan akibat buangan limbah tambak udang pada kondisi saat ini

Metoda	Flushing Time	Konsentrasi limbah	Pustaka
Pergantian pasang surut $DLR = (V_{pt} - V_{st}) / (T \times V_{pt})$ V_{pt} = volume perairan saat pasang tertinggi (m ³) V_{st} = volume perairan saat surut terendah (m ³) T = frekuensi pasang surut dalam sehari	$F = 1/DLR$ DLR = 0.36 FT = 2.78 Hari atau <i>Flushing</i> <i>rate</i> = 129 Kali/ tahun	<u>Saat ini</u> Hari ke 1 : 0.00009 mg/l Hari ke 61 : 0.14420 mg/l Hari ke -93 : 0.26363 mg/l Hari ke 110 : 0.78990 mg/l	Barg (1992) Kelayakan kualitas air Budidaya : 80 mg/l (Wedmeyer 1996; Widigdo 2002; MenKLH 2004)

Sumber : Hasil analisis (2018)

6.5.2. Kuantifikasi limbah nitrogen (TN_{btu}) dan fosfor (TP_{btu}) tambak udang

Beberapa data penunjang yang digunakan dalam pendugaan beban limbah nitrogen (TN) dan fosfor (TP) dari budidaya tambak udang di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan sebagai berikut: Jenis dan jumlah pakan, kandungan protein pakan, kandungan nitrogen dan fosfor pakan, kandungan nitrogen dan fosfor udang, produksi udang serta luas lahan tambak udang yang di usahakan saat ini. Pada umumnya kebutuhan protein pakan menurun dengan meningkatkan ukuran dan umur udang (Halver 1989; Boonyaratpalin 1991). Kandungan nitrogen pakan berkisar antara 5.69 – 6.70 % sedangkan kandungan phosphor pakan berkisar antara 0.93 – 1.94 %.

Fosfor merupakan elemen esensial yang dibutuhkan untuk pertumbuhan normal udang (Phillips *et al.* 1993) dan organisme hidup lainnya, dimana keberadaannya dalam badan air dalam bentuk partikel maupun terlarut. Pendugaan beban limbah nitrogen (TN) dan fosfor (TP) yang berasal dari kegiatan budidaya tambak udang di Wilayah Pesisir Kabupaten Lamongan menggunakan metoda yang dikembangkan oleh Ackefors dan Enell (1990 diacu dalam Barg 1992), sebagai berikut :

- Budidaya tambak udang intensif (130 ekor/m^2) menghasilkan limbah nitrogen (TN) dan fosfor (TP) masing masing sebesar 481.50 kg N/0.4 ha/MT atau 1493.52 kg N/ha/MT dan 142.08 kg P/0.4 ha/MT atau 348.20 kg P/ha/MT. Padat tebar tambak udang intensif (130 ekor/m^2) yang terdapat di wilayah pesisir Kecamatan Brondong seluas 0.4 Ha, sehingga diperoleh total limbah nitrogen (TN) tambak udang intensif (130 ekor/m^2) sebesar 35 874.68 kg N atau 35.87 ton N dan total limbah fosfor (TP) diperoleh sebesar 8600.86 kg P atau 9.66 ton P.

- Budidaya tambak udang intensif (60 ekor/m^2) menghasilkan limbah nitrogen (TN) dan fosfor (TP) masing – masing sebesar $146.80 \text{ kg N/0.5 ha/MT}$ atau $344.48 \text{ kg N/ha/MT}$ dan $38.02 \text{ kg P/0.4 ha/MT}$ atau 94.46 kg P/ha/MT . Padat tebar tambak udang intensif (60 eko/m^2) yang terdapat di wilayah pesisir Kecamatan Paciran seluas 0.5 ha , sehingga diperoleh total limbah nitrogen (TN) tambak udang intensif (60 ekor/m^2) sebesar 2948.44 kg N atau 2.94 ton N dan total limbah fosfor (TP) diperoleh sebesar 832.88 kg P atau 0.83 ton P . Pendugaan beban limbah N dan P dari budidaya tambak udang vanname dapat disajikan pada Tabel 25.

Tabel 25. Pendugaan beban limbah N dan P dari budidaya tambak udang

Luas Tambak udang intensif (ha)	Padat (ekor/ m^3)	Tebar	Total N (TN_{tu}) (ton)	Total P (TP_{tu}) (ton)
0.4	130		35.87	9.66
0.5	60		2.94	0.83
Total limbah N dan P Tambak Udang			38.81	10.49

Sumber : Hasil analisis (2018)

Beban limbah nitrogen nitrogen (TN) dan fosfor (TP) dari kegiatan budidaya tambak udang dalam penelitian ini (FCR 1.45) lebih tinggi dibandingkan yang dilaporkan oleh Boyd (1999) yaitu untuk memproduksi 1 ton udang pada FCR 1.5 akan dihasilkan limbah nitrogen (TN) antara $12.6 - 21 \text{ kg N}$ dan fosfor (TP) antara $1.8 - 3.6 \text{ kg P}$ dan akan meningkat seiring dengan meningkatkan produktivitas udang dan meningkatnya FCR (Teicher-Coddington *et al.* 1996).

Hasil studi Briggs dan Funge-Smith (1994), memperoleh beban limbah TN dari budidaya tambak udang di Thailand mencapai 102.3 kg N/ton produksi udang. Rachmansyah *et al* (2005) mendapatkan beban limbah nitrogen (TN) dan

phosfor (TP) dari budidaya tambak intensif sebesar 74.52 kg N/ha dan 69.14 kg P/ha. Selanjutnya, Deb (1998) juga melaporkan bahwa *loading* nitrogen (TN) dari tambak intensif di Bangladesh dapat mencapai 565 kg N, dimana diperkirakan sekitar 23 % (130 kg N) menjadi nitrogen inorganik yang terlarut dalam buangan air, sisanya tertinggal dalam bentuk partikel dalam sedimen yang akan dibuang pada setiap akhir pemeliharaan, sedangkan total limbah phosphor (TP) diperkirakan mencapai 70 kg P, dimana 57 % dalam bentuk terlarut inorganik.

Jumlah buangan nitrogen dari tambak udang komersial akan meningkat seiring dengan meningkatnya *feeding rate* dan level protein pakan (Teichert-Coddington *et al.* 1996). Produksi limbah nitrogen (TN) dan phosphor (TP) dari budidaya udang ditentukan oleh nilai FCR, kandungan protein, dan kadar air pakan (Green *et al.* 1997; Boyd 1999). Kibria *et al.* (1996) mendapatkan hubungan yang linier antara laju kehilangan phosphor dengan FCR, dimana kehilangan phosphor per ton pakan dengan nilai FCR 1.0, 1.5 dan 2.0 masing – masing adalah 13.43, 20.14 dan 26.86 kg P/ton pakan.

6.6. Analisis Daya Dukung Lingkungan Perairan Pesisir

Pendugaaan daya dukung lingkungan di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan dalam pemanfaatan lahan untuk kegiatan budidaya tambak udang vanname (*Litopenaeus vannamei*) menggunakan 3 (tiga) metode pendekatan sebagai berikut :

6.6.1. Pendekatan daya dukung lingkungan berdasarkan volume total air laut penerima limbah (V_{tot}) dan laju penurunan limbah organik tambak udang

Volume total air laut yang tersedia di perairan pesisir (V_{tot}) Kabupaten Lamongan untuk mengencerkan limbah sebesar 79.191.198,99 m³ dan nilai laju penurunan limbah organik tambak udang sebesar 8.395 mg/l/hari (Sitorus 2004), sehingga jumlah limbah organik maksimum yang dapat ditampung oleh perairan pesisir Kabupaten Lamongan sebesar 1084.23 ton/hari. Beban limbah organik dalam bentuk TSS yang dihasilkan dari tambak udang intensif (130 ekor/m²) sebesar 9.228519 ton/ha, tambak udang intensif (60 ekor/m²) sebesar 2.387462 ton/ha. Daya dukung lingkungan berdasarkan volume total air laut penerima limbah dan laju penurunan limbah organik tambak udang dapat dilihat pada Tabel 26.

Tabel 26. Daya dukung lingkungan berdasarkan volume total air laut penerima limbah (V_{tot}) dan laju penurunan limbah organik tambak udang

Teknologi Budidaya Tambak Udang	Jumlah buangan limbah organik (ton/ha)	Daya tampung limbah organik perairan pesisir (ton/hari)	Luas tambak udang sesuai dengan daya dukung lingkungan (ha)*	Daya dukung produksi (ton)*
Intensif (130 ekor/m ²)	9.622915	1333.32	143.91	2642.04
Intensif (60 ekor/m ²)	2.400472	1333.32	558.42	3287.79

Sumber : Hasil analisis (2018)

Keterangan :*) Dominan dipengaruhi oleh limbah organik dalam bentuk TSS dan laju penurunan limbah organik tambak udang

Tabel 27 dapat dijelaskan bahwa luas tambak udang yang dapat dikembangkan sesuai dengan daya dukung lingkungan, yaitu: (1) Jika hanya dikembangkan tambak udang intensif (130 ekor/m²) seluas 143.91 ha dengan daya dukung produksi sebesar 2642.04 ton udang/MT; (2) Jika hanya dikembangkan tambak udang intensif (50 ekor/m²) seluas 558.42 ha dengan daya dukung produksi sebesar 3287.79 ton udang/MT.

6.6.2. Pendekatan daya dukung lingkungan berdasarkan kapasitas ketersediaan oksigen terlarut dalam kolom air untuk menguraikan limbah organik

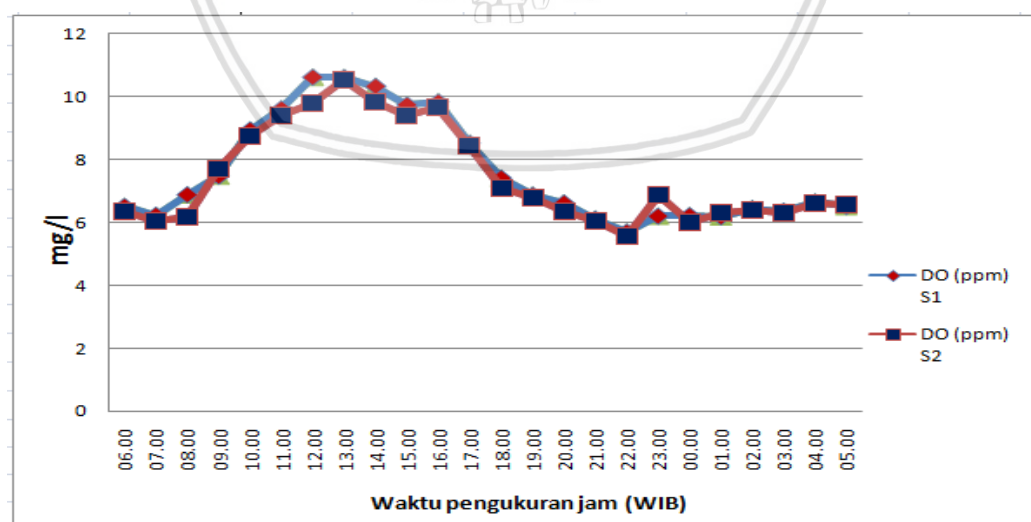
Kapasitas ketersediaan oksigen terlarut dalam kolom air dihitung dengan mengacu pada modifikasi formula yang dikemukakan oleh Willoughby (1968 diacu dalam Meade 1989) dan Boyd (1990), yaitu selisih antara konsentrasi oksigen terlarut yang tersedia dalam kolom air perairan pesisir (O_{ka}) dengan konsentrasi oksigen (O_2) terlarut minimal yang dikehendaki oleh organisme budidaya (O_{aq}). Kandungan oksigen terlarut yang tersedia dalam kolom air akibat pasang surut digunakan untuk memenuhi kebutuhan oksigen terlarut minimal dalam sistem budidaya. Kandungan oksigen terlarut yang tersisa dikolom air, kemudian digunakan untuk menguraikan limbah organik yang berada di lingkungan perairan pesisir (Willoughby 1968 diacu dalam Meade 1989; Boyd 1990; Wedmeyer 1996).

Hasil pengukuran kandungan oksigen terlarut perairan pesisir setiap jam selama 24 jam pada 2 (2) stasiun pengukuran sebagai berikut: pada stasiun S_1 , nilai rata – rata kandungan oksigen terlarut sebesar 6.13 mg/l, dimana kandungan oksigen terlarut maksimum diperoleh pada pukul 13.00 WIB dan oksigen terlarut minimum diperoleh pada pukul 22.00 WIB. Pada stasiun S_2 , nilai rata – rata kandungan oksigen terlarut perairan pesisir selama 24 jam sebesar 6.99 mg/l, dimana kandungan oksigen terlarut maksimum diperoleh pada pukul 13.00 WIB dan oksigen terlarut minimum diperoleh pada pukul 22.00 WIB. Nilai rata – rata kandungan oksigen terlarut pada kedua stasiun pengukuran (S_1 dan S_2) sebesar 6.56 mg/l ($O_{kolom\ air}$). Sedangkan Grafik kandungan oksigen di perairan pesisir Kecamatan Mangara Bombang dapat dilihat pada Gambar 14.

Tabel 27. Kandungan oksigen terlarut di perairan pesisir Kabupaten Lamongan per jam selama 24 jam pada 2 (dua) stasiun pengukuran

Waktu Pengukuran (jam)	Stasiun Pengukuran		Rata - rata
	S1	D2	
06.00 WIB	6.52	6.36	6.44
07.00 WIB	6.24	6.05	6.15
08.00 WIB	6.89	6.21	6.55
09.00 WIB	7.48	7.72	7.6
10.00 WIB	8.94	8.77	8.86
11.00 WIB	9.60	9.42	9.51
12.00 WIB	10.24	9.80	10.02
13.00 WIB	10.60	10.56	10.58
14.00 WIB	10.32	9.86	10.09
15.00 WIB	9.74	9.42	9.58
16.00 WIB	9.83	9.67	9.75
17.00 WIB	8.52	8.45	8.49
18.00 WIB	7.42	7.10	7.26
19.00 WIB	6.88	6.80	6.84
20.00 WIB	6.63	6.37	6.5
21.00 WIB	6.12	6.09	6.11
22.00 WIB	5.70	5.59	5.65
23.00 WIB	6.20	5.90	6.05
00.00 WIB	6.23	6.02	6.13
01.00 WIB	6.19	6.33	6.26
02.00 WIB	6.45	6.42	6.44
03.00 WIB	6.37	6.35	6.36
04.00 WIB	6.66	6.63	6.65
05.00 WIB	6.52	6.60	6.56
Rataan	7.59	7.43	7.51
Maks	10.60	10.56	10.58
Min	5.70	5.59	5.65

Sumber : Hasil pengukuran lapang (2018)



Gambar 14. Kandungan oksigen terlarut (DO) perairan pesisir Kabupaten Lamongan pada 2 stasiun Kecamatan Paciran dan Brondong (S₁, S₂) (Hasil pengukuran per jam selama 24 jam)

Hasil penelitian Widigdo (2002), Soewardi (2002); Poernomo (1992), Boyd (1989), Wedemeyer (1996); Rachmansyah *et al.* (2005) menyimpulkan bahwa kadar minimum oksigen terlarut untuk budidaya udang sebesar 3 mg/l (O_{aq}), sehingga selisih antara oksigen terlarut yang tersedia di kolom air perairan pesisir (O_{ka}) dengan oksigen terlarut minimum yang dibutuhkan oleh organisme budidaya (O_{aq}) sebesar 3.56 mg/l. Volume total air yang tersedia di perairan pesisir (V_{tot}) Kabupaten Lamongan 79.191.198,99 m³ dan *flushing time* (FT) 2.14 hari (dibulatkan 2.1 hari) Berdasarkan nilai oksigen minimum yang dibutuhkan udang (O_{aq}) dan rata – rata oksigen terlarut hasil pengukuran selama 24 jam pada 2 stasiun (S_1 , dan S_5), volume total air yang tersedia (V_{tot}) serta *flushing time* (FT) diperoleh nilai kapasitas ketersediaan oksigen terlarut dalam kolom air sebesar $79.191.198.99 \text{ m}^3 / 2.78 \times 3.56 \text{ mg/l} = 100.685.95 \text{ kg } O_2/\text{hari}$. Jumlah atau kadar oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk menguraikan beban limbah organik yang masuk dan berada diperairan pesisir adalah 0.2 kg O_2/kg limbah organik (Willioghby, 1968 diacu dalam Meade 1989), sehingga kemampuan perairan pesisir Kabupaten Lamongan untuk menampung limbah organik sebesar $120.733.97 \text{ kg } O_2 / 0.2 = 603.669.85 \text{ kg limbah organik/hari}$.

Hasil analisis diperoleh jumlah limbah organik dalam bentuk TSS tambak udang intensif (130 ekor/m²) yang dibuang ke perairan pesisir Kabupaten Lamongan per satuan luas (ha) sebesar 9622.915 kg TSS/ha/MT, tambak udang intensif (60 ekor/m²) sebesar 2400.472 kg TSS/ha/MT. Daya dukung lingkungan berdasarkan ketersediaan oksigen terlarut dalam kolom air dapat dilihat pada Tabel 28.

Tabel 89. Daya dukung lingkungan berdasarkan kapasitas ketersediaan oksigen terlarut dalam kolom air untuk menguraikan limbah organik

Teknologi budidaya tambak udang	Jumlah buangan limbah organik (kg/ha/MT)	Daya tampung limbah organik perairan pesisir (kg/hari)	Luas tambak udang sesuai daya dukung lingkungan (ha)*	Daya dukung produksi (ton/MT)*
Intensif (130 ekor/m ²)	9622.915	603 669.98	65.61	1246.59
Intensif (60 ekor/m ²)	2400.472	603 669.98	251.52	1509.12

Sumber : Hasil analisis (2018)

Keterangan :*) Dominan dipengaruhi oleh beban limbah organik dalam bentuk TSS dan ketersediaan oksigen terlarut diwilayah pesisir

Tabel 29 di atas dapat dijelaskan bahwa luas tambak udang yang dapat dikembangkan sesuai dengan daya dukung lingkungan, yaitu: (1) Jika hanya dikembangkan tambak udang intensif (130 ekor/m²) seluas 92.56 ha dengan daya dukung produksi sebesar 1703.52 ton udang/MT; (2) Jika hanya dikembangkan tambak udang intensif (60 ekor/m²) seluas 359.84 ha dengan daya dukung produksi sebesar 2119.52 ton udang/MT.

6.7. Pendugaan daya dukung lingkungan berdasarkan kapasitas asimilasi perairan terhadap beban limbah N dan P

Pendugaan daya dukung lingkungan melalui kapasitas asimilasi perairan terhadap beban limbah N dan P, didasarkan pada kelayakan kualitas air yang diperkenankan untuk kegiatan budidaya tambak. Kelayakan kualitas air yang diperkenankan untuk budidaya tambak udang yaitu untuk nitrogen (TN) sebesar 1.0 mg/l dan untuk fosfor (TP) sebesar 0.5 mg/l (Poernomo 1992; Wedmeyer 1996; Boyd 1989; Widigdo 2002).

6.7.1. Beban limbah N ambien (TN_{amb}) dan limbah P ambien (TP_{amb}) di perairan pesisir

Hasil pengukuran kualitas air menunjukkan bahwa konsentrasi total nitrogen (TN) dan fosfor (TP) yang berada di perairan pesisir rata-rata sebesar 0,1306 mg/l dan 0,0512 mg/l. Berdasarkan hasil pengukuran ini, maka total limbah nitrogen ambien (TN_{amb}) dan limbah fosfor ambien (TP_{amb}) yang berada di perairan pesisir Kabupaten Lamongan sebesar 16.87 ton N dan 6.61 ton P. Beban limbah dan konsentrasi N dan P serta kapasitas asimilasi perairan terhadap limbah nitrogen (TN) dan fosfor (TP) dapat dilihat pada Tabel 29 dan 30 di bawah ini :

Tabel 29. Beban limbah dan konsentrasi Nitrogen (TN) dan fosfor (TP) di Perairan pesisir Kabupaten Lamongan

L	A (Ton)	ST (Ton)	TU (Ton)	Total Limbah (Ton)	V_{tot} (m ³)	CTN dan CTP (mg/l)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5=2+3+4)	(6)	(7=5/6*10 ⁶)
N	16.87	5.77	36.33	58.77	79 191 198.99	0.46
P	6.61	0.50	9.63	16.74	79 191 198.99	0.13

Sumber : Hasil analisis (2018)

Ket: L = Limbah; A = Ambie; ST = Selain Tambak udang; TU = Tambak udang;
CTN = Konsentrasi total limbah N; CTP = Konsentrasi total limbah P;
 V_{tot} = Volume total air perairan pesisir

Tabel 30. Pendugaan kapasitas asimilasi perairan pesisir Kabupaten Lamongan terhadap Nitrogen (TN) dan phosphor (TP)

L	CN _{kbb} dan TP _{kbb} (ton)	TN _{kbb} dan TP _{kbb} (ton)	KN _{kbb} dan KP _{kbb} (ton)	TL (ton)	Kapasitas produksi tambak udang setekah ada beban limbah N dan P (ton)	KPN dan (KPP) (ton)
N	1.0	129.15	2114.20 *)	58.77	962.07	1152.13
P	0.5	64.58	3880.58 *)	16.74	1005.90	2874.68

Konsentrasi limbah diperkenankan :

Konsentrasi N (CN_d) = $KN_{kbb} - CTN$
ton

$$= 1.0 \text{ mg/l} - 0.46 \text{ mg/l} \\ = 0.54 \text{ mg/l}$$

Konsentrasi P (CP_d) = $KP_{kbb} - CTP$
ton

$$= 0.5 \text{ mg/l} - 0.13 \text{ mg/l} \\ = 0.37 \text{ mg/l}$$

Beban limbah masih ditolerir :

$$LN_d = 129.15 \text{ ton} - 58.77 \\ = 70.38 \text{ ton N}$$

$$LP_d = 64.58 \text{ ton} - 16.74 \\ = 47.84 \text{ ton P}$$

Sumber : Hasil analisis (2018)

Keterangan :*) setiap produksi 1 ton udang menghasilkan limbah 61.09 kg N dan 16.64 kg (Hasil analisis 2018); L = Limbah; TN_{kbb} = Kapasitas asimilasi N sesuai dengan nilai kelayakan kualitas air untuk budidaya; TP_{kbb} = Kapasitas asimilasi P sesuai dengan nilai kelayakan kualitas air untuk budidaya; TL = Total limbah nitrogen dan fosfor; KPN = Kapasitas produksi yang masih diperkenankan berdasarkan beban limbah fosfor.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas asimilasi nitrogen (TN) dan fosfor (TP) perairan pesisir Kabupaten Lamongan berdasarkan nilai kelayakan kualitas air untuk budidaya masing – masing sebesar 129.15 ton N (1.0 mg/l) dan 64.58 ton P (0.5 mg/l). Sedangkan total beban limbah nitrogen (TN) dan fosfor (TP) yang masuk ke lingkungan perairan pesisir baik yang berasal dari kegiatan budidaya tambak udang maupun selain budidaya tambak udang dapat mencapai 58.77 ton N (0.46 mg/l) dan 16.74 ton P (0.13 mg/l). Berdasarkan hal ini, maka beban limbah nitrogen (TN) dan fosfor (TP) yang masih diperkenankan masing – masing sebesar 70.38 ton N (kapasitas produksi yang masih diperkenankan sebesar 1152.13 ton udang) dan 47.84 ton P (kapasitas produksi yang masih diperkenankan sebesar 2874.68 ton udang).

Dari ketiga metode pendekatan daya dukung lingkungan di atas dapat disimpulkan bahwa limbah organik dari berbagai kegiatan di wilayah pesisir termasuk budidaya tambak udang dapat ditampung oleh perairan pesisir tanpa mengakibatkan perairan pesisir Kabupaten Lamongan tercemar. Salah satu penyebab penurunan kualitas lingkungan perairan pesisir dari kegiatan budidaya tambak udang adalah 35 % dari total pakan yang diberikan yang akan menjadi limbah organik (Primavera dan Apud 1994). Oleh karena itu, pendekatan daya dukung lingkungan untuk pengembangan budidaya tambak udang di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan didasarkan pada beban limbah organik.

Kapasitas asimilasi perairan pesisir terhadap limbah organik dengan metode pendekatan 2 (dua) sebesar 826 947.02 kg limbah organik/hari dianggap

paling konservatif atau cukup aman (*safe*) dibandingkan dengan kapasitas asimilasi perairan pesisir terhadap limbah organik berdasarkan metode pendekatan metode 1 (satu) sebesar 1084.23 ton/hari. Sedangkan pada metode pendekatan 3 (tiga), kapasitas asimilasi limbah yang diperoleh lebih ditujukan sebagai batasan maksimum beban limbah yang diperkenankan dan hanya mengacu pada batasan maksimum yang diperkenankan baik untuk nitrogen (TN) maupun fosfor (TP). Berdasarkan dari hal tersebut, maka dalam melakukan kegiatan pemanfaatan lahan untuk Budidaya tambak udang vanname yang optimal di wilayah Pesisir Kabupaten Lamongan didasarkan pada kapasitas asimilasi perairan terhadap limbah organik sebesar 826 947.02 kg /hari sebagai faktor pembatas daya dukung lingkungan.

6.8. Implikasi Evaluasi Pemanfaatan Lahan Buidaya Tambak Udang di Wilayah Pesisir Kabupaten Lamongan

Pemanfaatan lahan untuk budidaya tambak udang di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan sangat dipengaruhi oleh aspek ekologi (lingkungan). Sehingga perlu dilakukan antisipasi terhadap segala sesuatu yang menyebabkan keseimbangan ekologi (lingkungan) terganggu. Pemanfaatan lahan yang dilakukan untuk kegiatan budidaya tambak udang yang sesuai dengan daya dukung lingkungannya akan berpengaruh pada keberlanjutan kegiatan budidaya tambak udang itu sendiri. Kebutuhan akan informasi perikanan budidaya meliputi informasi daya dukung lingkungan perairan yang mencakup luas maksimum tambak udang , data kapasitas produksi, intensitas dan praktek-praktek budidaya tambak udang yang sesuai dengan standar operasional prosedur serta jumlah maksimum beban limbah yang diperkenankan, berperan sangat penting dalam memformulasikan suatu kebijakan pengelolaan, regulasi dan pemberian lisensi yang dapat dipertanggung jawabkan. Oleh karena itu, hasil penelitian ini dapat menjadi sumber informasi yang diperlukan untuk pengembangan pemanfaatan

lahan untuk kegiatan budidaya tambak sehingga kedepannya budidaya tambak udang yang dilakukan di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan berkelanjutan (*sustainable*). Status ekologi (lingkungan) dari evaluasi yang dilakukan dalam pemanfaatan lahan tambak budidaya udang vanname di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan dapat dilihat pada Tabel 31 Sedangkan kelas tutupan lahan (*Land Cover*) hasil evaluasi pemanfaatan lahan disajikan pada Lampiran 16.

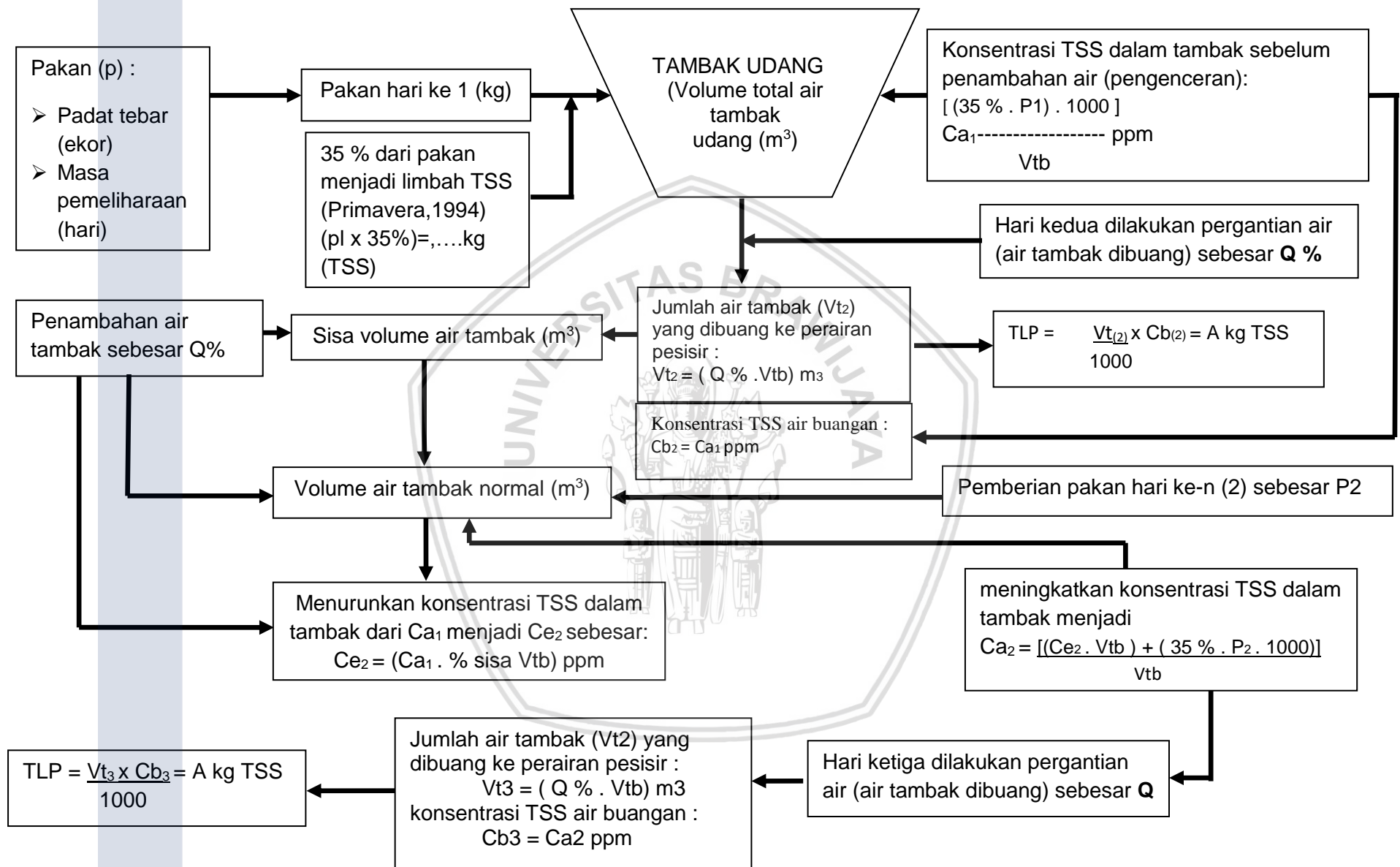
Tabel 31. Status ekologi (lingkungan) wilayah pesisir Kabupaten Lamongan dari evaluasi pemanfaatan lahan tambak udang

Parameter	Nilai	Keterangan
Luas wilayah Kecamatan Paciran dan Kecamatan Brondong	13 785.90 ha (luas Total)	Citra Landsat 7 ETM+, Path Row 117/065 (2018); Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Lamongan
Luas tutupan tambak	604.46 ha	Citra Landsat 7 ETM+, Path Row 117/065 (2018) ; Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Lamongan
Luas tambak Kecamatan Brondong saat ini	536.65 ha	Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Lamongan
Luas tambak Kecamatan Paciran saat ini	67.81 ha	Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Lamongan
Luas tambak yang tidak terpakai	14.15 ha	Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Lamongan
Luas lahan pada kondisi daya dukung lingkungan	268 ha	Intensif (130 ekor/m ²)
Tipe pasang surut	33.90 ha	Intensif (60 ekor/ m ²)
Volume total air laut yang tersedia di perairan pesisir	2.4116	Tipe tunggal
<i>Flushing time</i>	79. 191.198, 99 m ³	1 siklus pasang surut perhari
Lama tinggal air di pantai (<i>retention time</i>)	2.1 hari	Laju pengenceran limbah organik organik di perairan pesisir
Kapasitas oksigen yang tersedia di perairan pantai	8.0 jam	1 siklus pasang surut/hari
Jumlah limbah organik yang dapat ditampung oleh perairan pesisir	127 349, 53 kg O ₂ /hari	Oksigen terlarut tersedia untuk menguraikan limbah organik di perairan pesisir
	636 947.19 kg limbah organik/hari	Daya dukung limbah organik

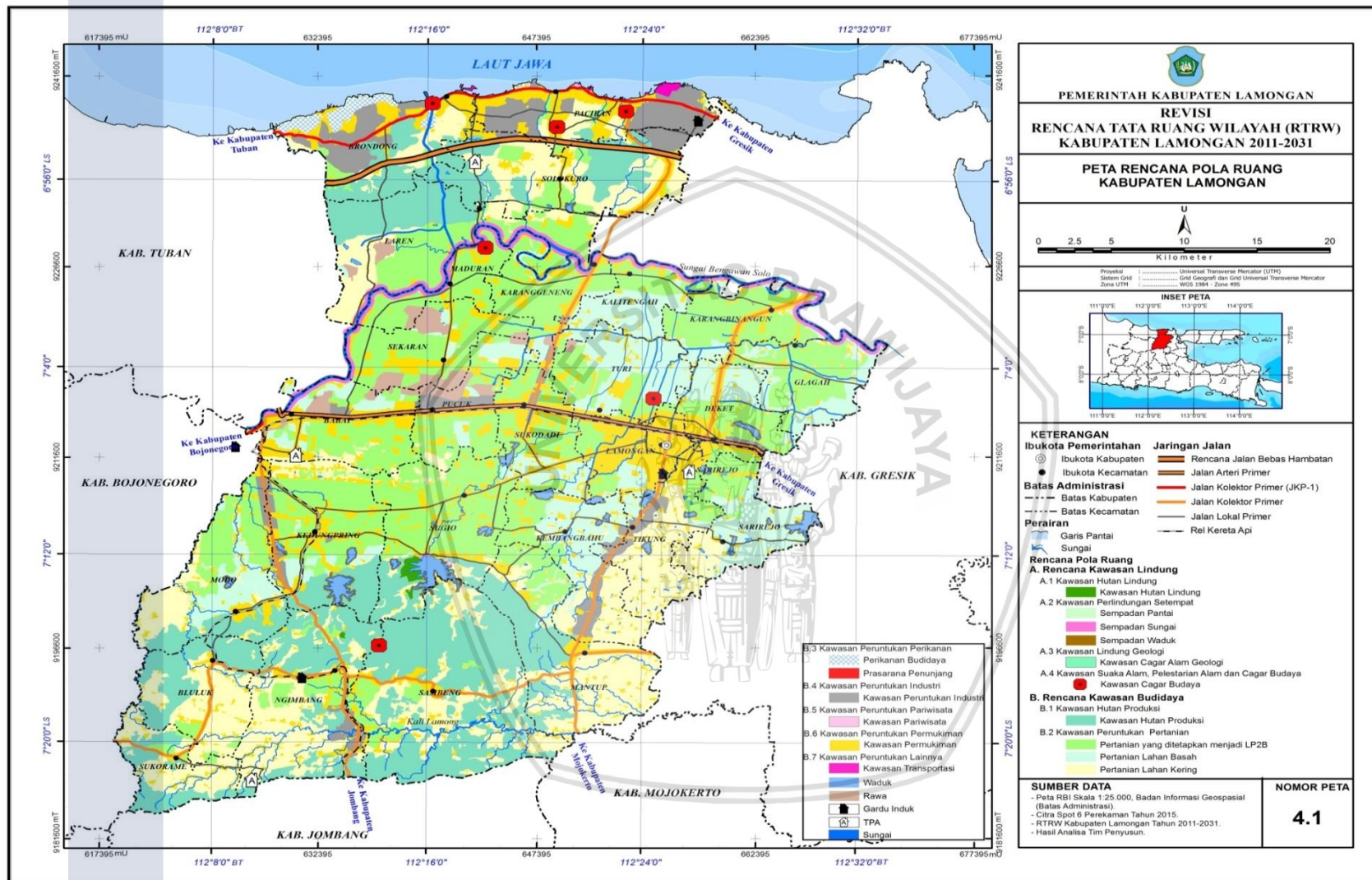
Jumlah buangan limbah organik tambak udang dalam bentuk TSS	9622.915 kg/ha 2400.472 kg/ha	Intensif (130 ekor/m ²) Intensif (60 ekor/ m ²)m
Jumlah buangan limbah nitrogen	35.87 kg/ha 2.94 kg/ha	Intensif (130 ekor/m ²) Intensif (60 ekor/ m ²)m
Jumlah buangan limbah phosphor	9.66 kg/ha 0.83 kg/ha	Intensif (130 ekor/m ²) Intensif (60 ekor/ m ²)m
Luas optimal tambak udang (skenario 1) (direkomendasikan)	160.99 ha 20.36 ha	Intensif (130 ekor/m ²) Intensif (60 ekor/ m ²)
Luas optimal tambak udang (skenario 2) (alternatif)	80.49 ha 10.17 ha	Intensif (130 ekor/m ²) Intensif (60 ekor/ m ²)

Sumber : Hasil evaluasi analisis pemanfaatan lahan di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan (2018)



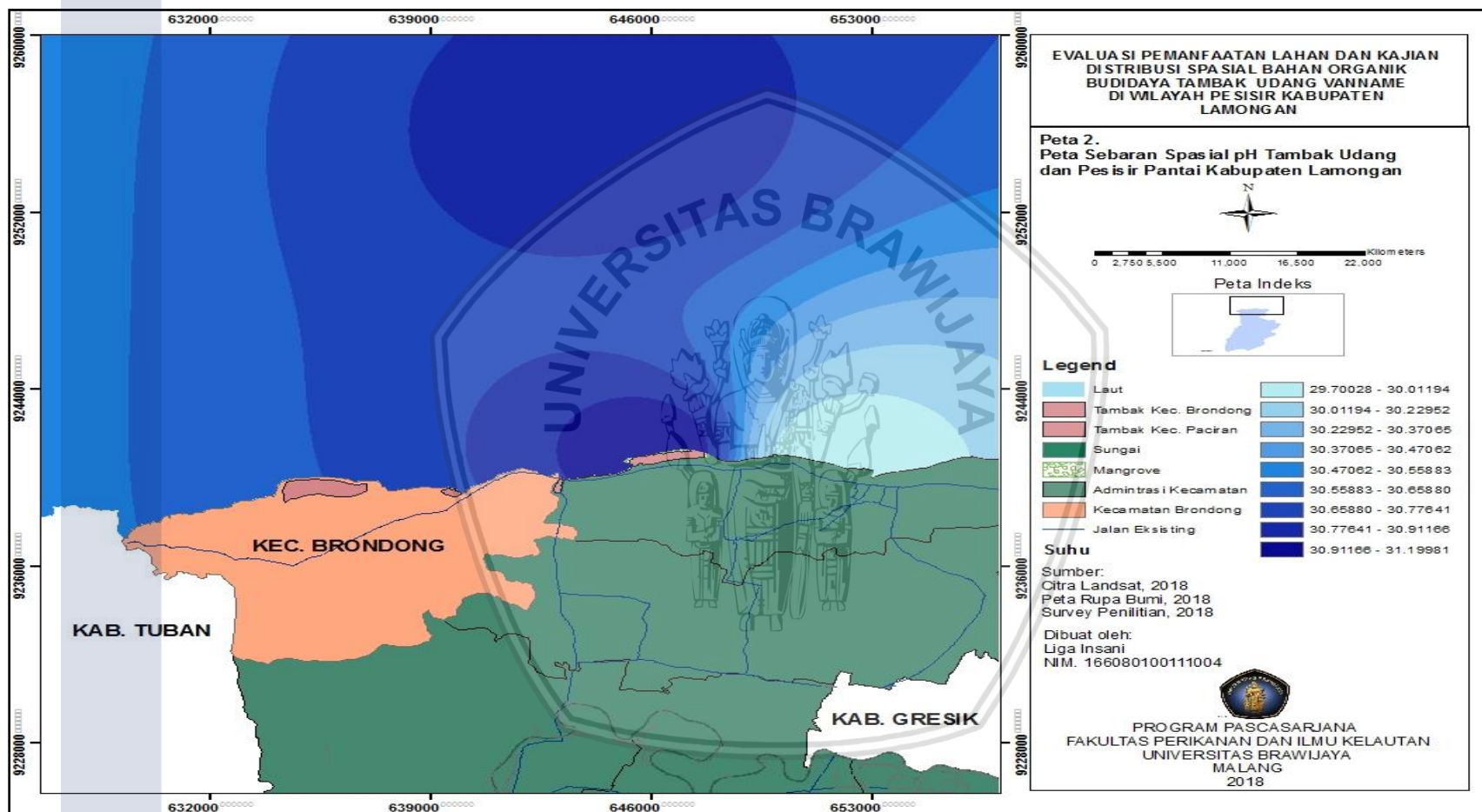


Lampiran 1. Proses penentuan jumlah limbah organik dalam bentuk *total suspended solid* (TSS) dari kegiatan budidaya tambak udang

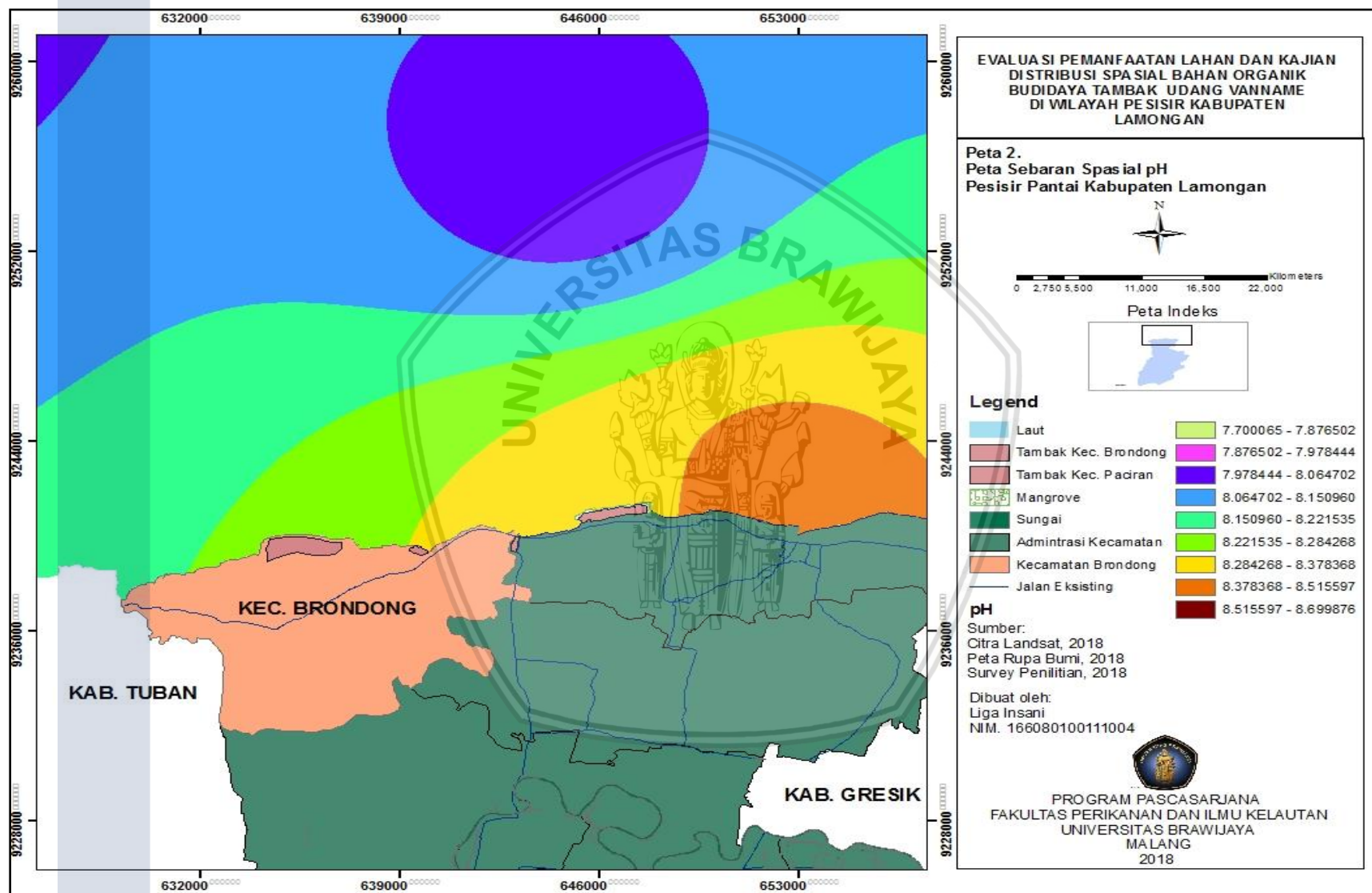


Lampiran 2. Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Lamongan 2011 – 2031

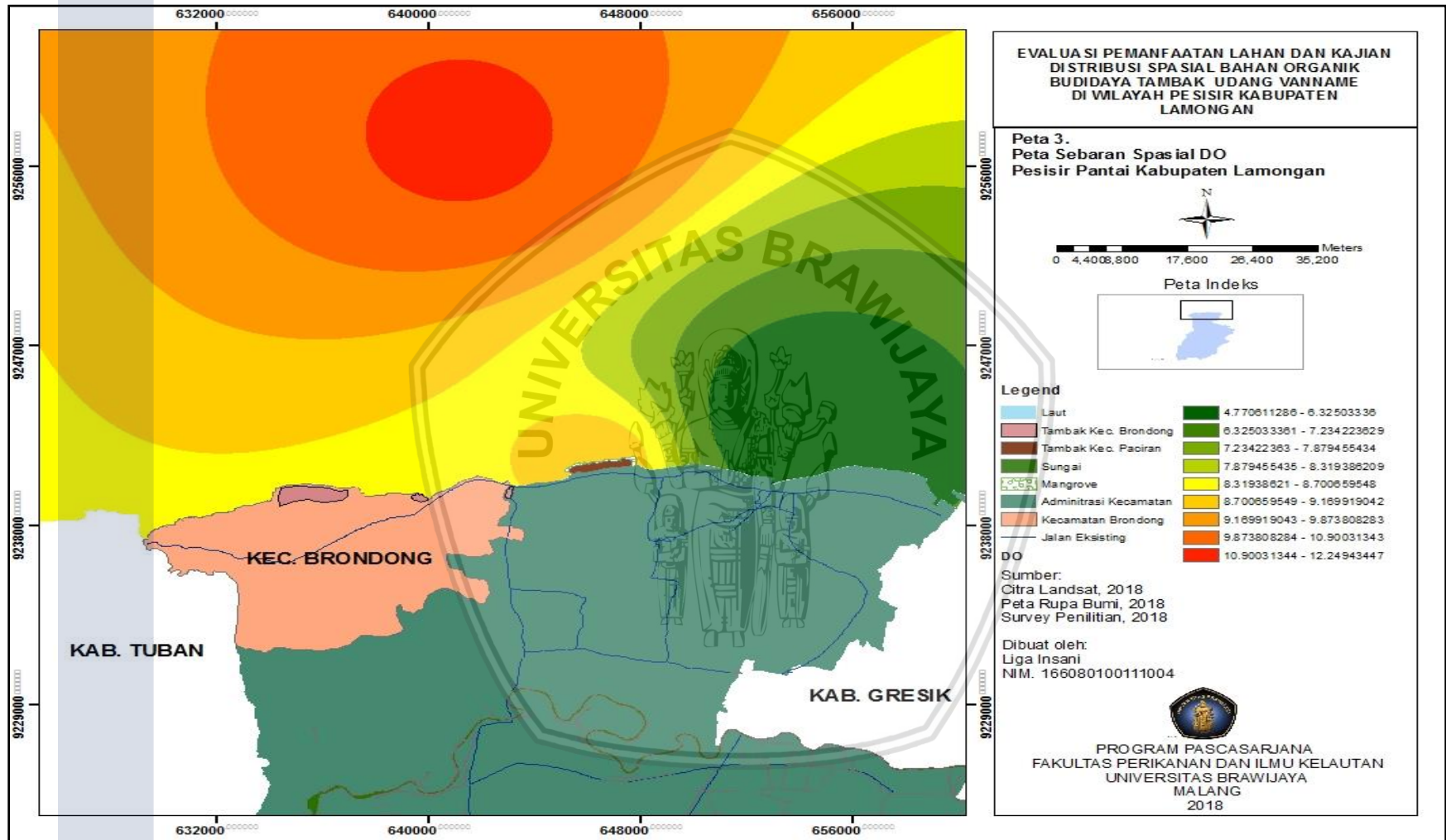
Lampiran 3. Pola sebaran spasial suhu di perairan pantai wilayah pesisir Kabupaten Lamongan Sumber ; Hasil analisa SIG, 2018)



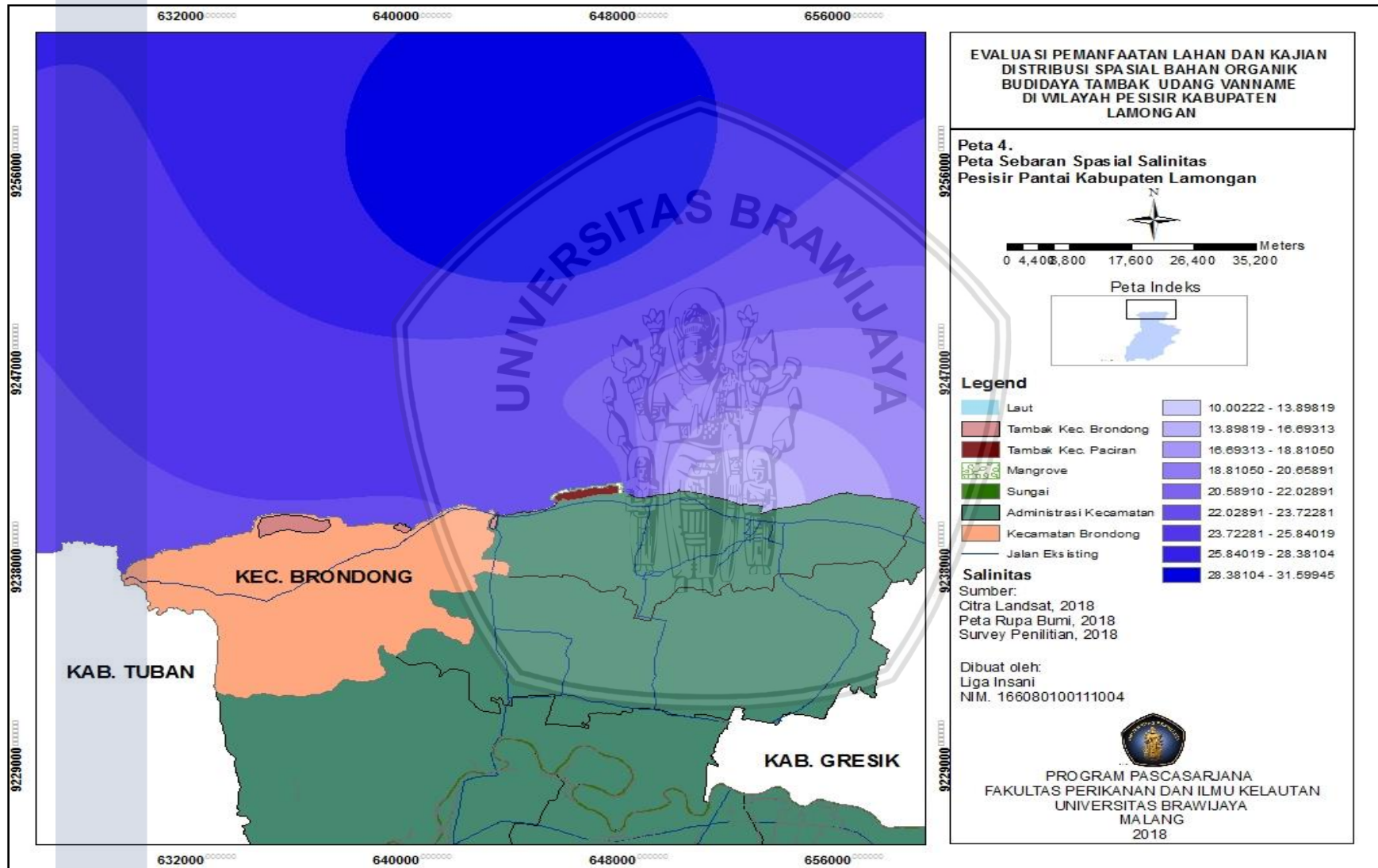
Lampiran 4. Pola sebaran spasial pH di perairan pantai wilayah pesisir Kabupaten Lamongan Sumber ; Hasil analisa SIG, 2018)



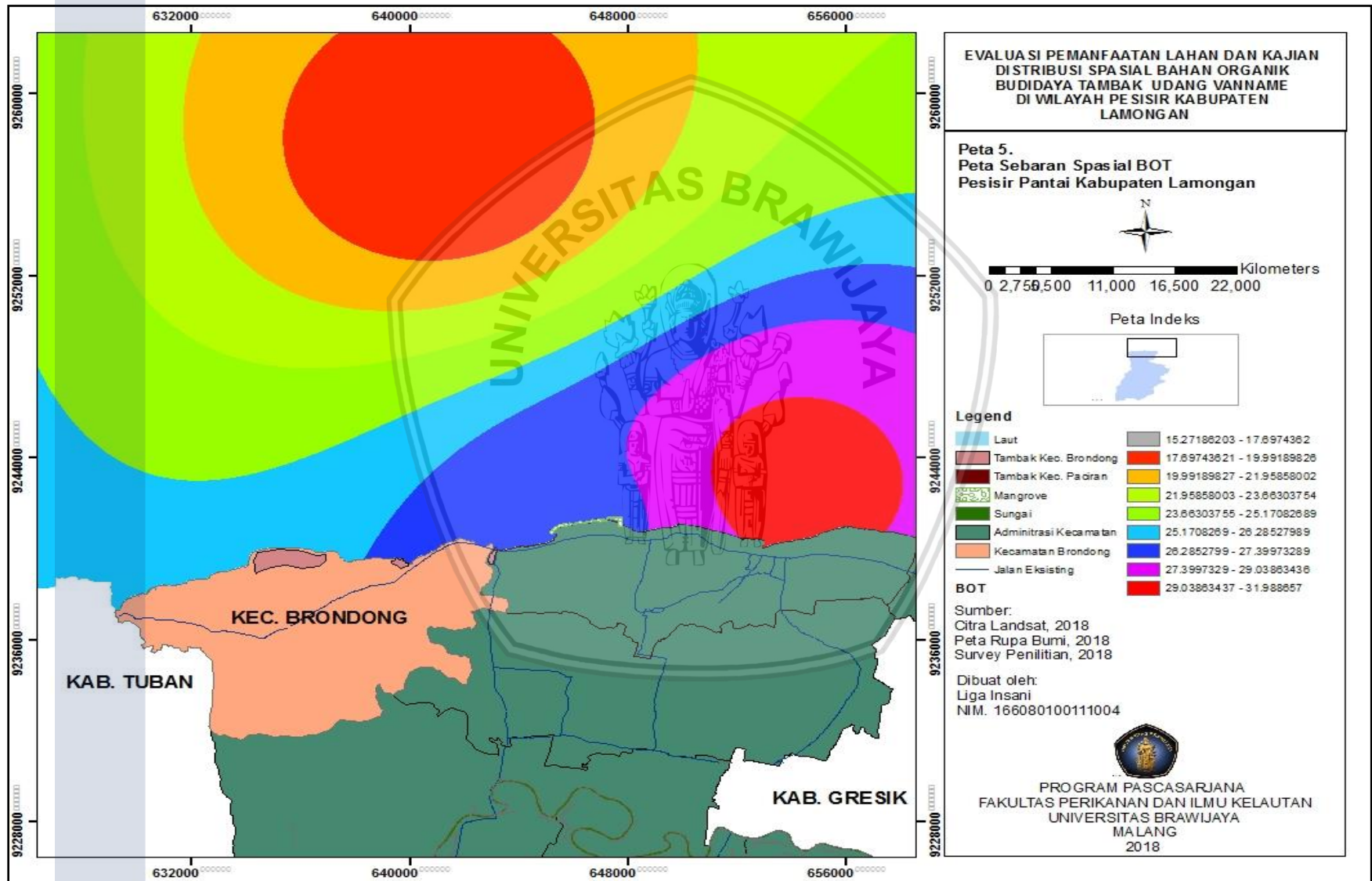
Lampiran 5. Pola sebaran spasial DO di perairan pantai wilayah pesisir Kabupaten Lamongan Sumber ; Hasil analisa SIG, 2018)



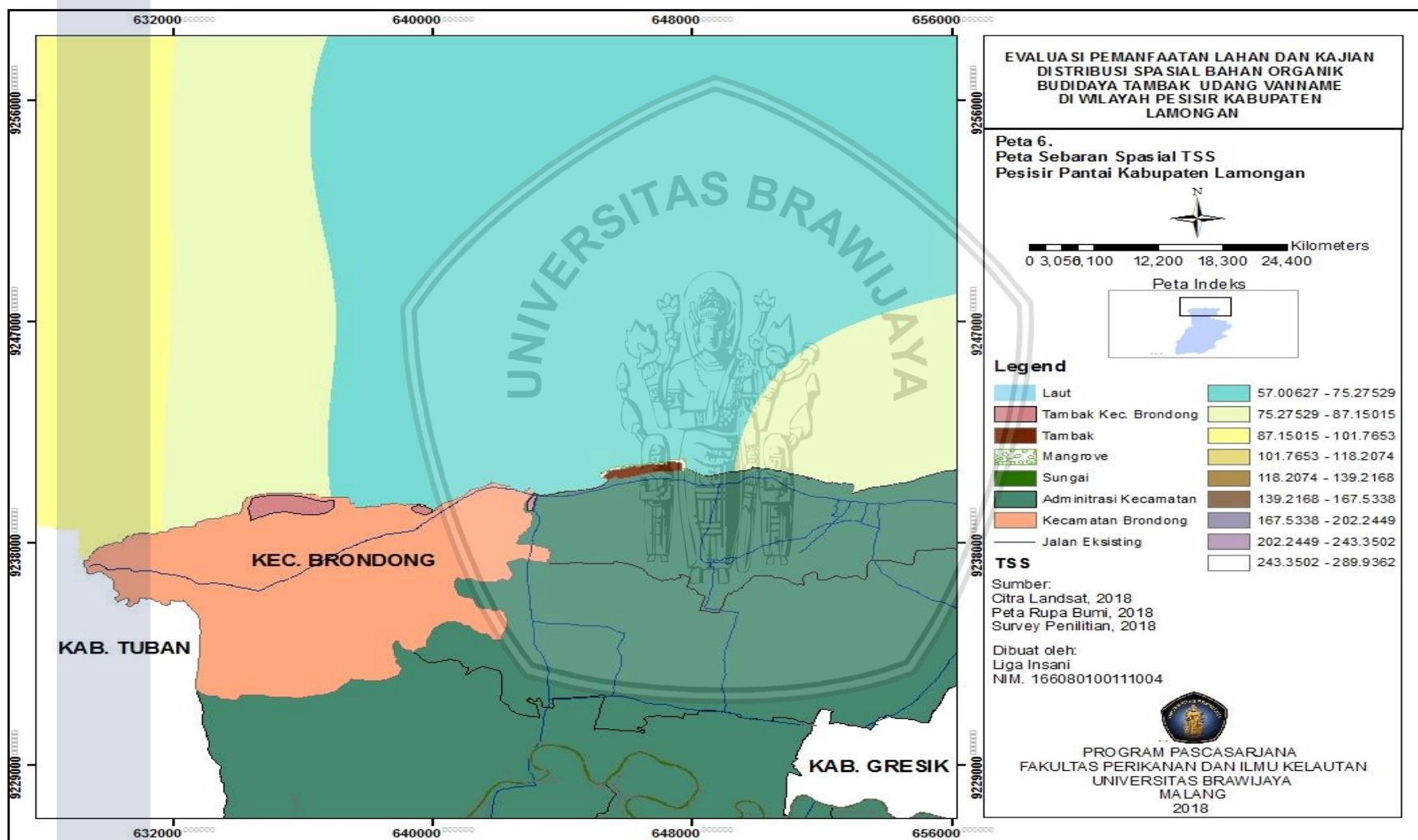
Lampiran 6. Pola sebaran spasial salinitas di perairan pantai wilayah pesisir Kabupaten Lamongan Sumber ; Hasil analisa SIG, 2018)



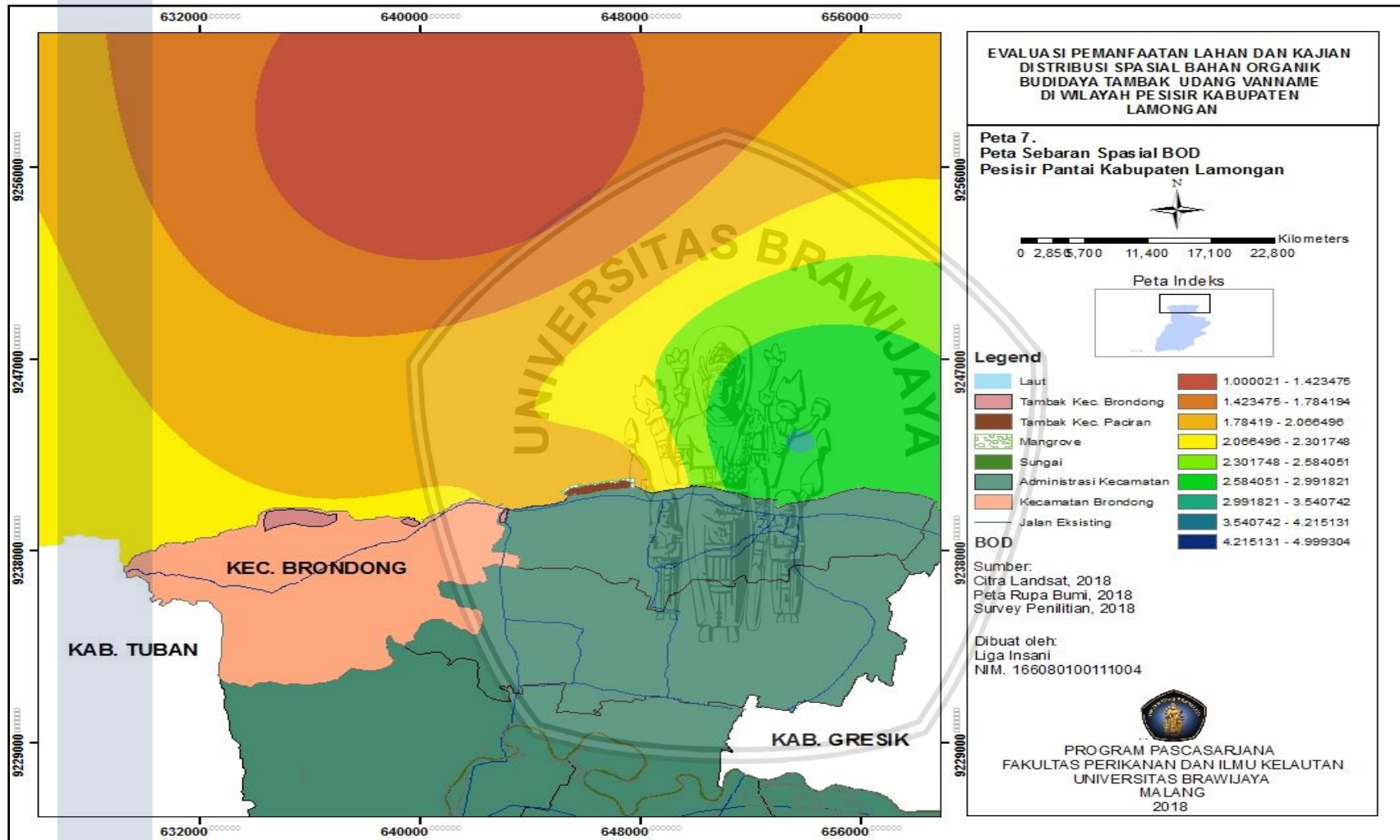
Lampiran 7. Pola sebaran spasial BOT di perairan pantai wilayah pesisir Kabupaten Lamongan ; Sumber ; Hasil analisa SIG, 2018)



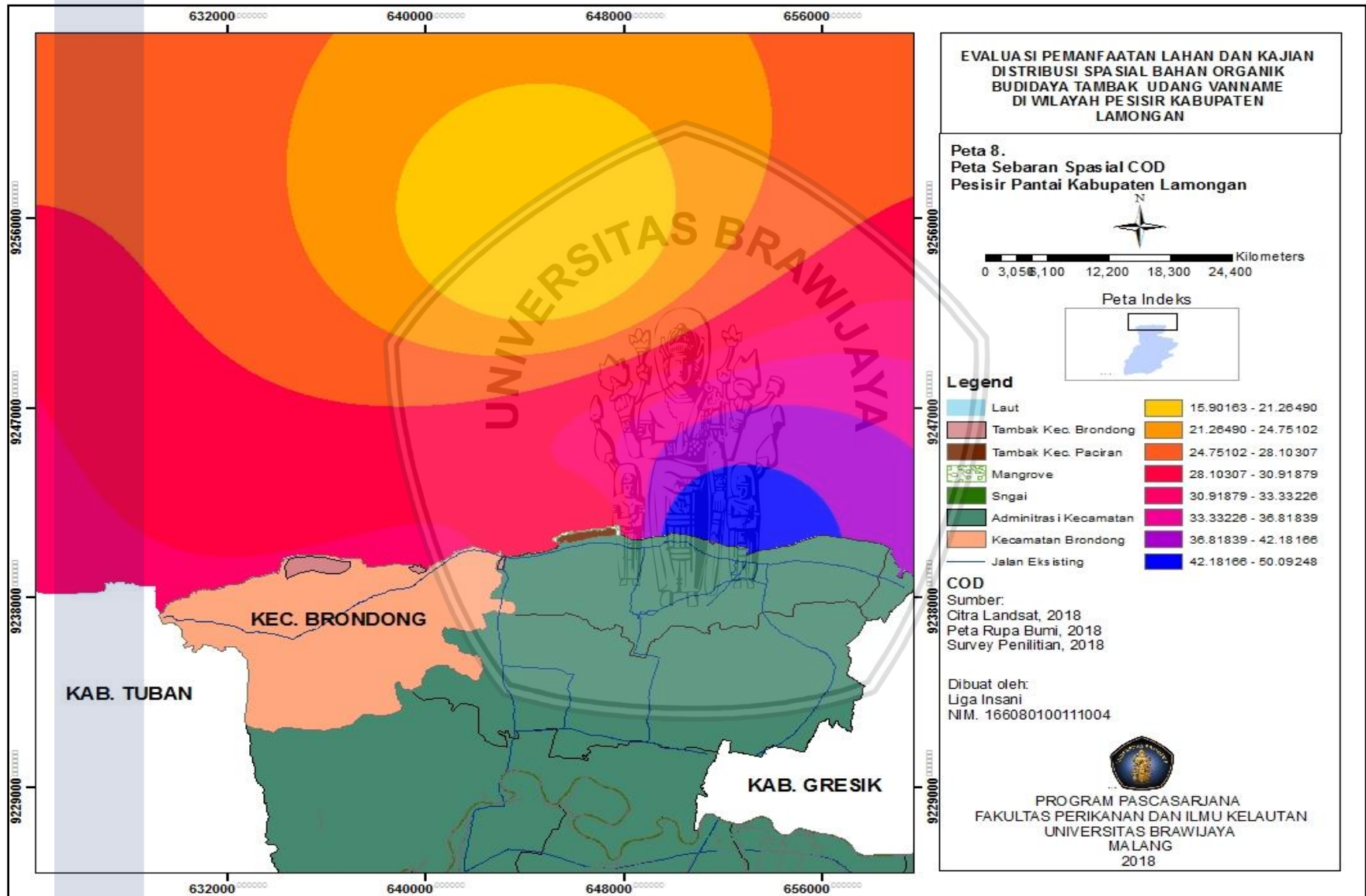
Lampiran 8. Pola sebaran spasial TSS di perairan pantai wilayah pesisir Kabupaten Lamongan ; Sumber ; Hasil analisa SIG, 2018)



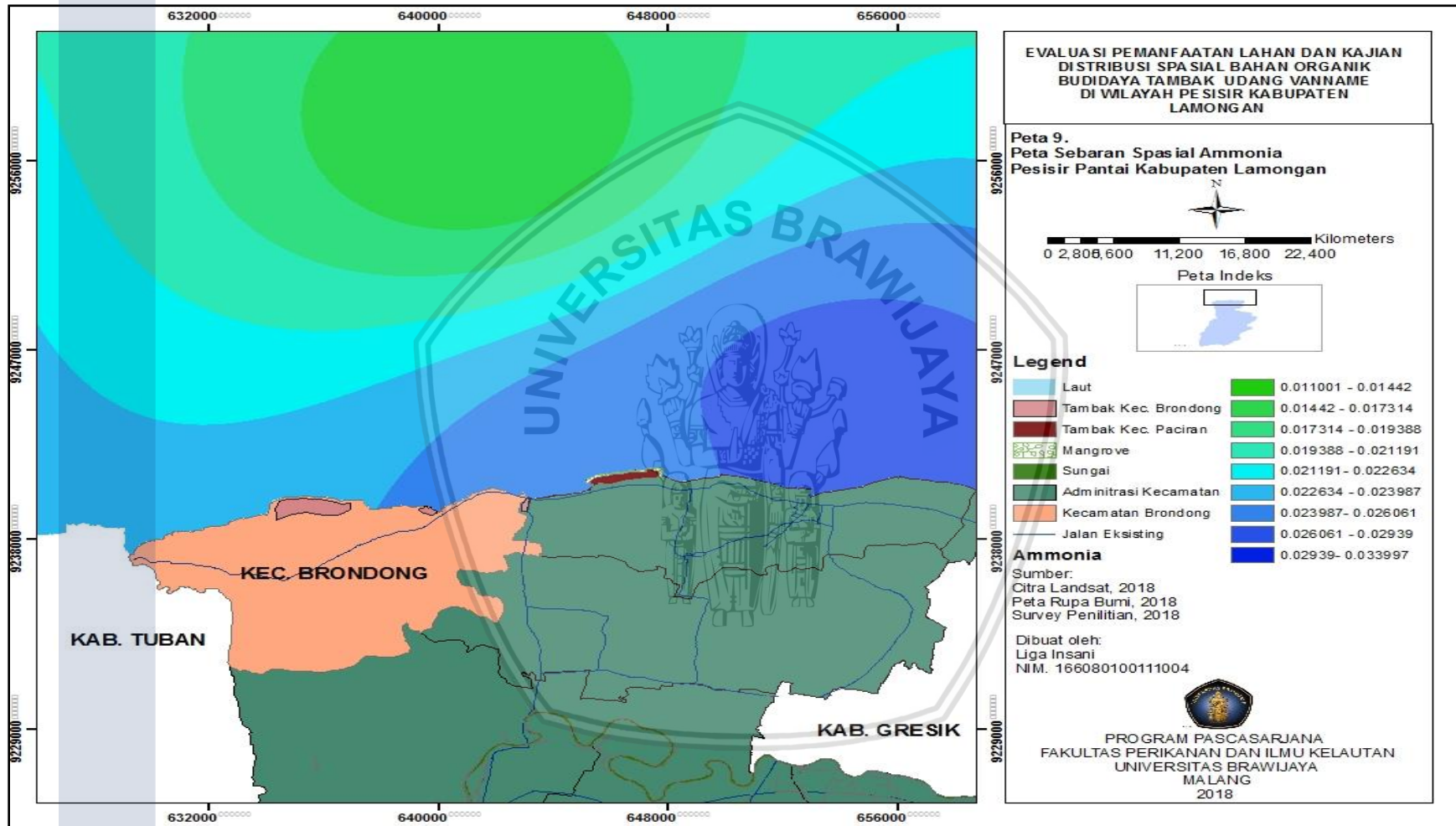
Lampiran 9. Pola sebaran spasial BOD di perairan pantai wilayah pesisir Kabupaten Lamongan ; Sumber ; Hasil analisa SIG, 2018)



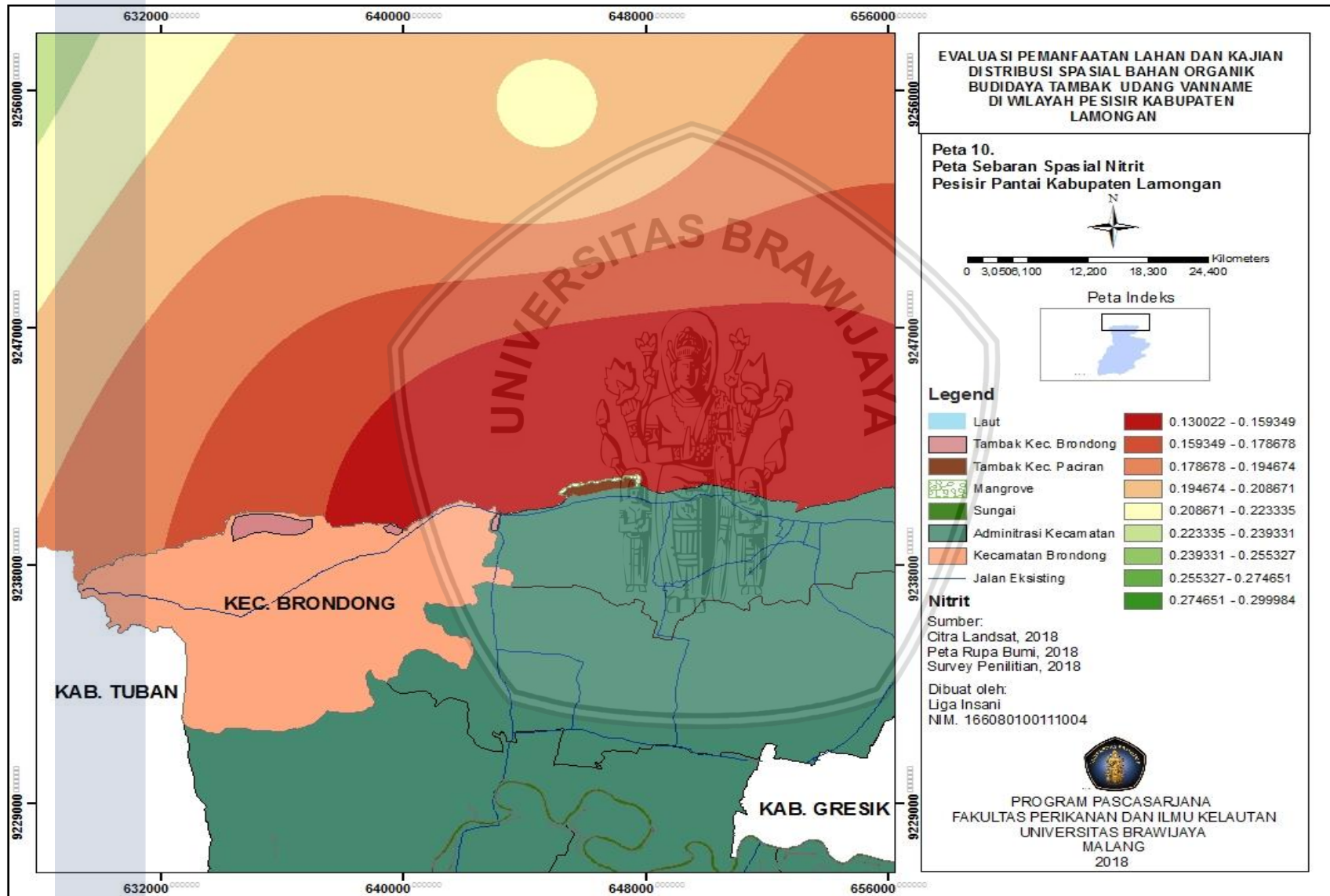
Lampiran 10. Pola sebaran spasial COD di perairan pantai wilayah pesisir Kabupaten Lamongan ; Sumber ; Hasil analisa SIG, 2018)



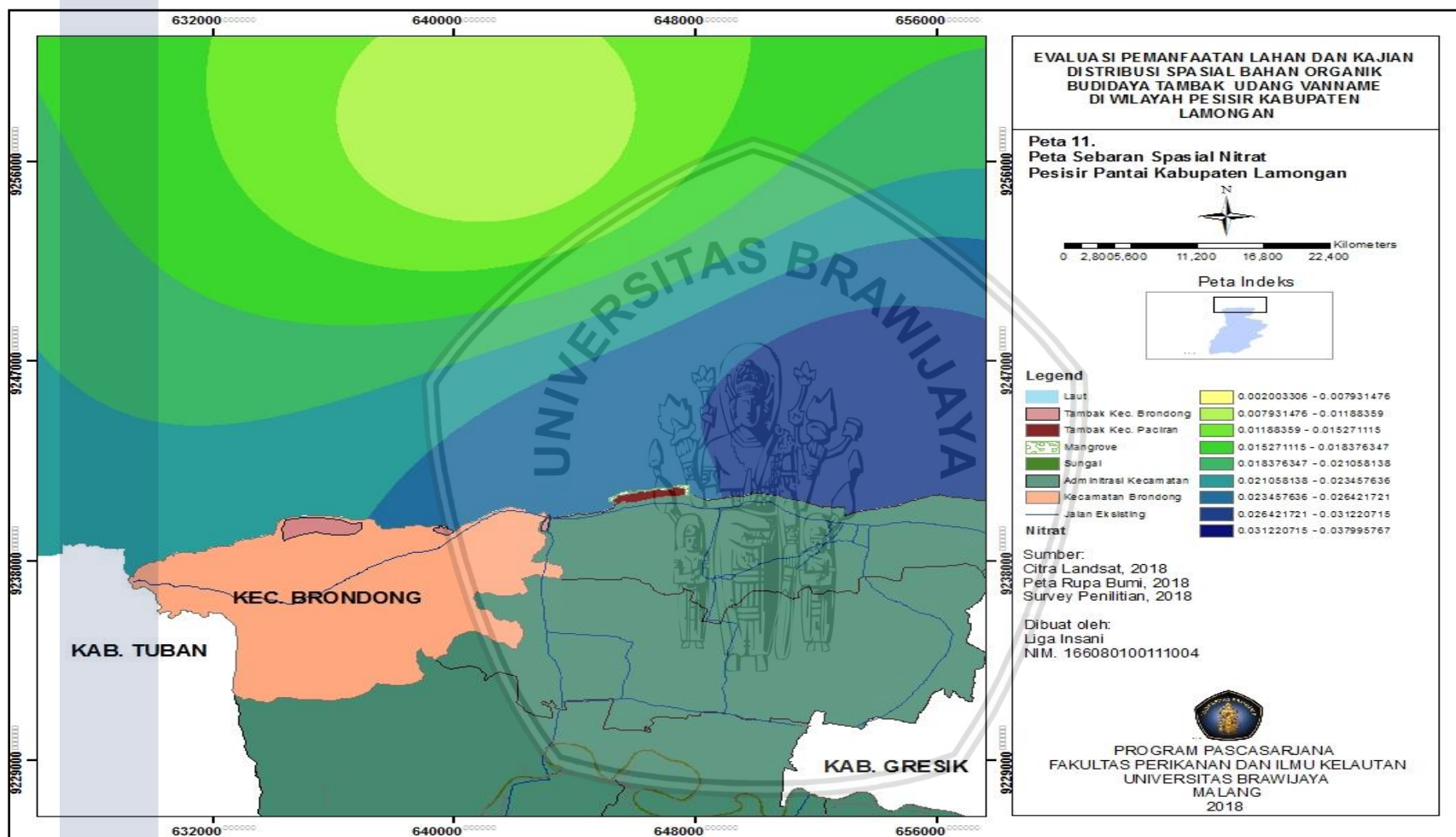
Lampiran 11. Pola sebaran spasial Amoniak di perairan pantai wilayah pesisir Kabupaten Lamongan ; Sumber ; Hasil analisa SIG, 2018)



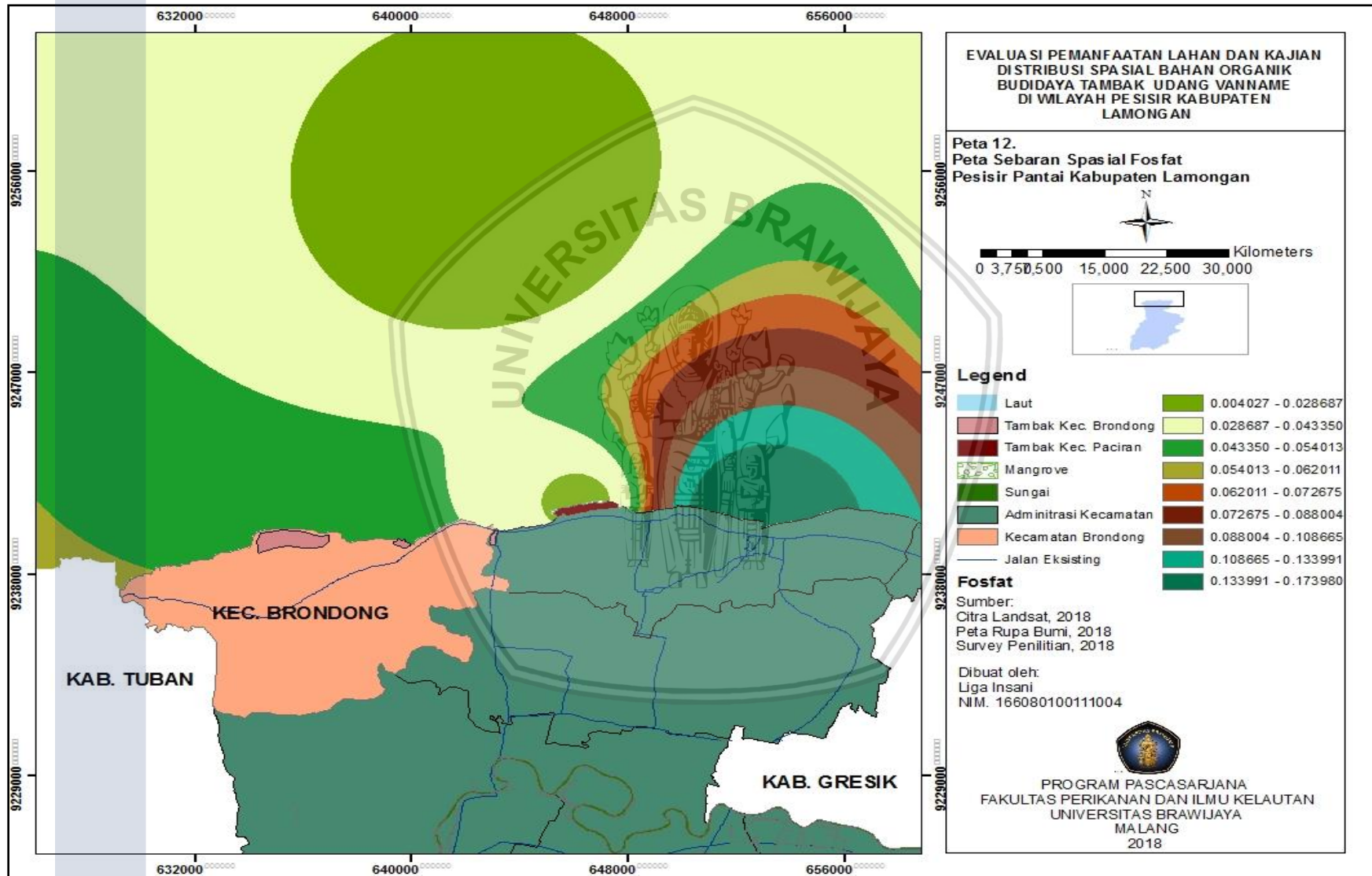
Lampiran 12. Pola sebaran spasial nitrit di perairan pantai wilayah pesisir Kabupaten Lamongan ; Sumber ; Hasil analisa SIG, 2018)



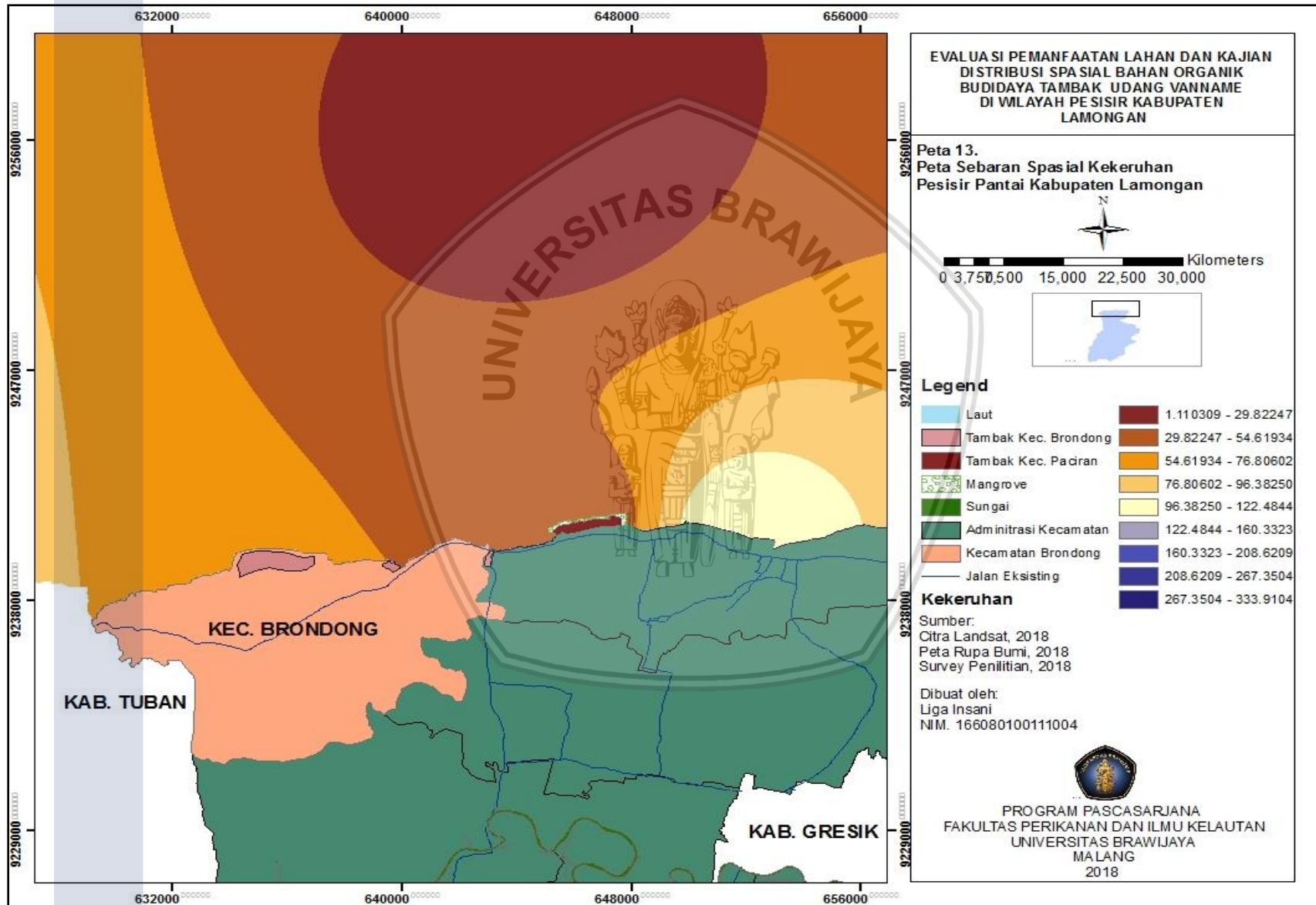
Lampiran 13. Pola sebaran spasial nitrat di perairan pantai wilayah pesisir Kabupaten Lamongan ; Sumber ; Hasil analisa SIG, 2018)



Lampiran 14. Pola sebaran spasial fosfat di perairan pantai wilayah pesisir Kabupaten Lamongan ; Sumber ; Hasil analisa SIG, 2018)



Lampiran 15. Pola sebaran spasial kekeruhan di perairan pantai wilayah pesisir Kabupaten Lamongan ; Sumber ; Hasil analisa SIG, 2018)



Lampiran 16. Land Cover ; Sumber ; Hasil analisa SIG, 2018)

